

Vysoká škola báňská – Technická univerzita Ostrava

17. listopadu 15, 708 33 Ostrava-Poruba

Fakulta bezpečnostního inženýrství

Katedra bezpečnostního managementu



**Snížení zranitelnosti technologického procesu při řízení rizik
v průmyslových podnicích**

Disertační práce

pro získání akademického titulu „doktor“, ve zkratce „Ph.D.“

Autor:	Ing. Petra Suchardová
Školitel:	Doc. Dr. Ing. Aleš Bernatík
Studijní program:	Požární ochrana a průmyslová bezpečnost
Studijní obor:	Požární ochrana a bezpečnost

Ostrava, 10. dubna 2012

Abstrakt

Postavení firmy v konkurenčním prostředí záleží na mnoha faktorech. Jedná se především o obor podnikání, velikost firmy, situaci na trhu, orientaci na zákazníka a konkurenceschopnost. Právě poslední hledisko je velmi důležité a přináší otázku, jak firmy v dnešním tržním prostředí mohou získat konkurenční výhodu. Mezi možné způsoby patří v oblasti řízení společnosti také management rizik, který postupně nachází uplatnění u širokého spektra společností a činností. Uvedená práce se zaměřuje na řízení rizik v oblasti mimořádných událostí spojených se vznikem požáru a výbuchu v rámci systému Asset risk management. Konkrétním cílem práce je vytvoření metodiky pro řízení rizik mimořádné události a výpočetního programu, které umožní snížení zranitelnosti v podnicích hutního průmyslu a ověření metodiky na reálné případové studii.

První a druhá kapitola seznamuje s řešenou problematikou řízení rizik a možnými způsoby modelování mimořádných událostí. U řízení rizik jsou popsány nejdůležitější výchozí předpoklady pro seznámení s problematikou, jsou uvedeny organizace v Evropě a na světě, které sdružují konzultační firmy, oborová sdružení a výzkumné instituce v oblasti řízení rizik. U modelování havárií jsou popsány nejzávažnější historické události se závažným dopadem na chráněné hodnoty a možné způsoby modelování dopadů a zranitelnosti mimořádných událostí pro potřeby řízení rizik, havarijního plánování a studií. Jsou zde uvedeny také základní legislativní předpisy a počítačové programy.

Třetí kapitola konkretizuje dílčí cíle práce.

Čtvrtá kapitola obsahuje zvolené metody zpracování. Kapitola je rozdělena na část risk management a modelování průmyslových havárií. V části risk management jsou uvedeny podrobnější informace k riziku, procesu řízení rizik a systému Asset risk management. Část modelování průmyslových havárií se věnuje předpokladům výpočtů, rozdělení požárů a výbuchů do skupin a teoretickému popisu nejdůležitějších výpočetních modelů, u kterých jsou uvedeny odkazy na teoretická odvození a jejich omezení.

Pátá kapitola navrhuje metodiku pro řízení rizik v oblasti mimořádných událostí způsobených vznikem požáru a výbuchu pro podniky v hutním průmyslu.

Šestá kapitola ověřuje navrženou metodiku v rámci hutní společnosti v Moravskoslezském kraji, kdy jsou postupně uvedeny jednotlivé hodnocené mimořádné události. Modelování požárů a explozí a samotné hodnocení konkrétních mimořádných událostí je uvedeno v samostatných přílohách práce.

Práce pokračuje diskuzí výsledků z případové studie, navržené metodiky a vytvořeného programu. Závěr zhodnocuje přínosy pro praxi a výzkum. Součástí je také uvedení dalšího možného směru vývoje.

Klíčová slova: mimořádná událost; řízení rizik; hutní společnost

Abstract

The position of the company on the market depends on a lot of factors. It is mainly the business field, a size of the company, an orientation on a customer and competitiveness. The last aspect is a quite important and brings a question how the companies can get the competitive advantage currently. The possible way is the risk management, this has gradually found the application in a huge range of the companies and the activities. The presented work focuses on the risk management in a sphere of extraordinary accidents connected with the fire and the explosion formation within Asset risk management system. The particular goal of the work is a creation of the methodology for risk management of extraordinary accident and computer program which enable decreasing of the vulnerability in the metallurgical companies, and the verification on the case study.

The first and the second chapter acquaint with the solved issue of risk management and possible ways of the extraordinary events modelling. The most important initial presumptions for a meeting with the issue by the risk management, the organizations in Europe and in the world which associate the consultant companies, the field associations and research institutes in a sphere of risk management, are described here. The historical events with the severe consequences on the protected values and possible ways of modelling of consequences and vulnerability for a need of risk management and the study, are described here. There are presented the basic legal regulations and computer programs.

The third chapter concretizes the particular goals of the work.

The fourth chapter includes the chosen methods of the elaboration. The chapter is divided into the risk management and the modelling of industrial accidents. The detailed information on the risk, the process of risk management and the Asset risk management are presented in the part of the risk management. The part of the modelling of industrial accidents includes the presumptions of the calculations, division of the fires and explosions to the groups and a theoretical description of the most important computational models.

The fifth chapter proposes the methodology for the risk management in a sphere of extraordinary events caused by the fire and the explosion for the metallurgical companies.

The sixth chapter verifies the proposed methodology within the metallurgical company in Moravian – Silesian region, the particular evaluated extraordinary events are gradually presented. The modelling of the fires and the explosions and the evaluation of the particular extraordinary accidents are presented in separate appendixes of the work.

The work continues with results discussion from the case study, the proposed methodology and the created program. The conclusion evaluates the benefits for the praxis and the research. The part of the work is the presentation of the possible development ways.

Key words: extraordinary event; risk management; metallurgical company

Prohlašuji, že jsem celou disertační práci vypracovala samostatně podle pokynů školitele s použitím literatury uvedené v soupisu bibliografických citací a v souladu se Studijním řádem. V souladu s § 47b zákona 111/1998 Sb. v platném znění souhlasím se zveřejněním celé disertační práce prostřednictvím informačního systému VŠB – TU Ostrava umožňujícího dálkový přístup. Jsem seznámena s tím, že na mou disertační práci se vztahuje zákon 121/2000 Sb., o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů (autorský zákon) v platném znění, zejména § 60 – školní dílo. Beru na vědomí, že VŠB – TU Ostrava nezasahuje do mých autorských práv užitím mé disertační práce pro vnitřní potřebu VŠB – TU Ostrava (§ 35 odst. (3) zákona 121/2000 Sb. v platném znění). Užiji-li disertační práci nebo poskytnu-li licenci k jejímu využití, jsem si vědoma povinnosti informovat o této skutečnosti VŠB – TU Ostrava; v tomto případě má VŠB – TU Ostrava právo požadovat ode mne úhradu nákladů, které vynaložila na vytvoření díla, až do jejich skutečné výše (§ 60 odst. (3) zákona 121/2000 Sb. v platném znění).

V Ostravě 10.4.2012

Ing. Petra Suchardová

Předmluva (Motivace)

Mezi důvody, které mě vedly k výzkumu v oblasti bezpečnostního inženýrství je moje vnitřní potřeba dalšího vzdělávání. Zvolená problematika řízení rizik a modelování průmyslových havárií má vysokou společenskou hodnotu. Jedná se především o bezpečnost lidí a majetek vysokých hodnot. Práce si klade za cíl umožnit snížit zranitelnost průmyslových podniků v oblasti havárií, pomocí vytvořené metodiky, která je zahrnuta do systému řízení rizik.

Poděkování

Děkuji za poskytnutou podporu ve studiu své rodině, rodičům a prarodičům. Děkuji svému školiteli docentu Aleši Bernatíkovi za vedení práce a především za poskytnutý čas a rady. Děkuji Ing. Jaroslavu Bartošovi, Ph.D. a Ing. Pavlu Mückovi za konzultace při zpracování případové studie. Děkuji za poskytnutou podporu Moravskoslezskému kraji, který financoval dva projekty v rámci výzkumu mé disertační práce.

Obsah

Abstrakt.....	3
Abstract.....	4
Předmluva (Motivace)	6
Obsah	7
Seznam obrázků.....	11
Seznam tabulek.....	13
Seznam symbolů, zkratk a značek	15
Výkladový slovník.....	16
1 Úvod.....	18
2 Současný stav řešené problematiky.....	20
2.1 Řízení rizik.....	20
2.2 Modelování průmyslových havárií	24
2.2.1 Modely následků a zranitelnosti	26
2.2.2 Nástroje pro modelování následků havárií	28
2.3 Právní rámec řešené problematiky.....	30
3 Cíl práce	31
4 Zvolené metody zpracování	32
4.1 Risk management.....	32
4.1.1 Základy risk managementu	32
4.1.2 Identifikace nebezpečí a analýza rizik	39
4.1.3 Výběr vhodných metod analýzy rizik	41
4.1.4 Další fáze procesu řízení rizik.....	42
4.1.5 Řízení rizik základního jmění	43
4.1.6 Identifikace nebezpečí v procesu analýzy rizik v oblasti ARM	44
4.1.7 Reportování v systému ARM.....	45
4.1.8 Zpráva o stavu základního jmění	46
4.1.9 Zpráva o předcházení ztrátám	47
4.1.10 Zpráva o zhodnocení zranitelnosti	48
4.1.11 Zpráva o očekávaných ztrátách.....	51
4.1.12 Zpráva o pravděpodobných velkých ztrátách	52
4.2 Modelování průmyslových havárií	53
4.2.1 Model havárie	53
4.2.2 Modelování průmyslových havárií	56
4.2.3 Úniky plyných látek a směsí	56
4.2.4 Úniky kapalných látek a směsí	58
4.2.5 Modely popisující rozptýl plynu.....	60
4.2.6 Modely popisující důsledky požárů a výbuchů	62
4.2.7 Pool fire.....	62
4.2.8 Jet fire.....	64

4.2.9	B.L.E.V.E.....	65
4.2.10	Výbuch.....	66
4.2.11	Rozhodovací analýza – vícekritériální rozhodování.....	71
4.2.12	Multikritériální analýza a kritéria hodnocení.....	71
5	Metodika pro řízení rizik mimořádné události.....	74
5.1	Návrh metodiky	74
5.1.1	Sestavení týmu expertů.....	76
5.1.2	Hodnocená kritéria mimořádné události.....	76
5.1.3	Stanovení vah kritérií posuzovaných faktorů	77
5.1.4	Identifikace jednotlivých mimořádných událostí.....	77
5.1.5	Hodnocení jednotlivých variant.....	81
5.1.6	Vyhodnocení jednotlivých variant a stanovení přijatelnosti.....	84
5.1.7	Návrh opatření pro snížení hodnoty rizika.....	84
5.1.8	Výpočetní podpora pro použití metodiky	84
5.1.9	Hodnocení ekonomické stránky prevence	84
6	Případová studie	85
6.1	Hutní průmyslová společnost v Moravskoslezském kraji	85
6.2	Vybrané mimořádné události v průmyslovém areálu	85
6.3	Havárie benzolových nádrží	88
	Poloha technologického úseku.....	88
	Popis technologického úseku.....	88
	Scénáře mimořádné havárie	89
6.4	Havárie potrubí koksárenského plynu na koksovně	90
	Poloha technologického úseku.....	90
	Popis technologického úseku.....	90
	Scénáře mimořádné havárie	91
6.5	Havárie potrubí zemního plynu v oblasti skladu motorů.....	92
	Poloha technologického úseku.....	92
	Popis technologického úseku.....	92
	Popis technologického úseku.....	93
	Scénáře mimořádné havárie	93
6.6	Havárie potrubí vysokopecního plynu v oblasti údržby vysokých pecí	94
	Poloha technologického úseku.....	94
	Popis technologického úseku.....	95
	Scénáře mimořádné havárie	95
6.7	Havárie potrubí koksárenského plynu v oblasti údržby vysokých pecí.....	96
	Poloha technologického úseku.....	96
	Popis technologického úseku.....	97
	Scénáře mimořádné havárie	97
6.8	Havárie regulační stanice zemního plynu	98
	Poloha technologického úseku.....	98
	Popis technologického úseku.....	98
	Scénáře mimořádné havárie	99

6.9	Havárie směsné stanice zemního plynu a dusíku.....	100
	Poloha technologického úseku.....	100
	Popis technologického úseku.....	100
	Scénáře mimořádné havárie.....	101
6.10	Havárie zásobníků na plyný vodík.....	102
	Poloha technologického úseku.....	102
	Popis technologického úseku.....	103
	Scénáře mimořádné havárie.....	103
6.11	Havárie potrubí zemního plynu na kontilití.....	104
	Poloha technologického úseku.....	104
	Popis technologického úseku.....	104
	Scénáře mimořádné havárie.....	105
6.12	Havárie potrubí směsného plynu na hrubé válcovně.....	106
	Poloha technologického úseku.....	106
	Popis technologického úseku.....	106
	Scénáře mimořádné havárie.....	107
6.13	Havárie potrubí směsného plynu na kontidrátové trati.....	108
	Poloha technologického úseku.....	108
	Popis technologického úseku.....	108
	Scénáře mimořádné havárie.....	109
6.14	Havárie potrubí směsného plynu na středojemné válcovně.....	110
	Poloha technologického úseku.....	110
	Popis technologického úseku.....	110
	Scénáře mimořádné havárie.....	111
6.15	Havárie plynojemu.....	112
	Poloha technologického úseku.....	112
	Popis technologického úseku.....	112
	Scénáře mimořádné havárie.....	114
6.16	Havárie rozvodu na plyn propan – butan.....	115
	Poloha technologického úseku.....	115
	Popis technologického úseku.....	115
	Scénáře mimořádné havárie.....	117
6.17	Havárie acetyleny z tlakové lahve ve skladu technických plynů.....	118
	Poloha technologického úseku.....	118
	Scénáře mimořádné havárie.....	119
6.18	Hodnocení vybrané mimořádné události.....	120
7	Diskuze výsledků.....	121
7.1	Přínosy disertační práce.....	126
8	Závěr.....	127
	Literatura.....	128
	Seznam publikací doktoranda.....	134
	Příloha A Kvantitativní a kvalitativní stupnice.....	137

Příloha B Popis rizika, hodnocení mimořádných událostí v případové studii.....	139
Příloha C Případová studie zahrnující vliv neurčitosti informací.....	156
Příloha D Výpočetní simulace havárie zemního plynu v oblasti skladu motorů.....	159
Příloha E Výpočetní simulace havárie koksárenského plynu v oblasti údržby VP	161
Příloha F Výpočetní simulace havárie úniku chemické látky z plynojemu.....	163
Příloha G Výpočetní simulace havárie benzolových nádrží	167
Příloha H Výpočetní simulace havárie zásobníků na vodík	169
Příloha I Výpočetní simulace havárie vysokoteplotních ohřevů výlevek.....	173
Příloha J Výpočetní simulace havárie regulační stanice.....	175
Příloha K Výtah z bezpečnostních listů chemických látek a směsí.....	177

Seznam obrázků

- Obr. 2.1.1 Prostředí ovlivňující rizika ve společnosti [upraveno podle 63, 3]
- Obr. 2.2.1 Technologický uzel zařízení – havárie ve Flixborough [42]
- Obr. 2.2.2 Možnosti modelování mimořádné havárie
- Obr. 4.1.1 Individuální riziko [28]
- Obr. 4.1.2 Společenské riziko [28]
- Obr. 4.1.3 Možnosti měření rizik [upraveno podle 42]
- Obr. 4.1.4 Kauzální závislost [54]
- Obr. 4.1.5 Ovlivňující faktory vnějšího prostředí pro řízení rizik [upraveno podle 3]
- Obr. 4.1.6 Ovlivňující faktory vnějšího a vnitřního prostředí pro řízení rizik [upraveno podle 42]
- Obr. 4.1.7 Základní zainteresované strany řízení rizik v podniku [upraveno podle 42]
- Obr. 4.1.8 Proces posuzování rizik [upraveno podle 55]
- Obr. 4.1.9 Proces řízení rizik v oblasti BOZP – fáze 1 [upraveno podle 5, 7]
- Obr. 4.1.10 Proces řízení rizik v oblasti BOZP – fáze 2 [upraveno podle 5, 7]
- Obr. 4.1.11 Společné parametry identifikace nebezpečí [upraveno podle 42]
- Obr. 4.1.12 Souhrn metod pro posuzování nebezpečí a analýzu rizika [5]
- Obr. 4.1.13 Statistika havárií v procesním průmyslu [upraveno podle 68]
- Obr. 4.1.14 Bodové hodnocení pro stanovení zranitelnosti v procesu ARM
- Obr. 4.2.1 Model mimořádné události
- Obr. 4.2.2 Modely mimořádných událostí [upraveno podle 42]
- Obr. 4.2.3 Modely mimořádných událostí – ostatní [upraveno podle 42]
- Obr. 4.2.4 Chování plynných látek po úniku z pohledu délky úniku (1)
- Obr. 4.2.5 Chování plynných látek po úniku z pohledu délky úniku (2)
- Obr. 4.2.6 Přehled možných scénářů havárie způsobené únikem plynné látky [upraveno podle 42]
- Obr. 4.2.7 Chování kapalných látek při jejich úniku [upraveno podle 44, 42]
- Obr. 4.2.8 Přehled množných scénářů havárie způsobené únikem kapalně látky [upraveno podle 42, 44]
- Obr. 4.2.9 Přehled využívaných modelů pro posuzování rozptylu plynu [upraveno podle 42, 44]
- Obr. 4.2.10 Modely při posuzování požáru louže [42]
- Obr. 4.2.11 Model požáru typu Jet fire [upraveno podle 44, 42]
- Obr. 4.2.12 Princip jevu B.L.E.V.E [upraveno podle 44]
- Obr. 4.2.13 Idealizace jevu B.L.E.V.E [upraveno podle 44]
- Obr. 4.2.14 Základní projevy výbuchu plynů a par
- Obr. 4.2.15 Rozvoj jevu V. C. E. [upraveno podle 42, 44]
- Obr. 4.2.16 Princip V. C. E. [upraveno podle 44]
- Obr. 4.2.17 Fuzzy množina A zobrazena na množině reálných čísel [upraveno podle 72]

Obr. 4.2.18 Lineární fuzzy čísla [upraveno podle 72]

Obr. 4.2.19 Stupnice hodnocení s fuzzy čísly

Obr. 5.1.1 Metodika – struktura úrovní obecně

Obr. 5.1.2 Navržená metodika – vývojový diagram

Obr. 5.1.3 Úrovně metodiky

Obr. 5.1.4 Technologické schéma metalurgické výroby [58]

Obr. 5.1.5 Zdroje mimořádných událostí z titulu vzniku požáru a výbuchu v ocelářské společnosti

Obr. 6.3.1 Poloha benzolových nádrží

Obr. 6.3.2 Soustava benzolových nádrží

Obr. 6.4.1 Potrubí koksárenského plynu

Obr. 6.4.2 Provozní systém výroby koksu a úpravy koksárenského plynu [59]

Obr. 6.5.1 Poloha potrubí zemního plynu v oblasti skladu motorů

Obr. 6.5.2 Vedení zemního plynu v oblasti skladu motorů

Obr. 6.6.1 Poloha potrubí vysokopecního plynu v oblasti údržby vysokých pecí

Obr. 6.7.1 Poloha potrubí koksárenského plynu v oblasti údržby vysokých pecí

Obr. 6.7.2 Vedení koksárenského plynu v oblasti údržby vysokých pecí

Obr. 6.8.1 Regulační stanice zemního plynu

Obr. 6.9.1 Směsná stanice zemního plynu a dusíku

Obr. 6.10.1 Zásobníky na plynný vodík

Obr. 6.10.2 Schéma zásobníků na plynný vodík [59]

Obr. 6.11.1 Budova zařízení pro plynulé odlévání oceli

Obr. 6.11.2 Potrubní systém rozvodu zemního plynu u zařízení pro plynulé odlévání oceli [59]

Obr. 6.12.1 Ohřívací pec na hrubé válcovně

Obr. 6.12.2 Potrubní systém směsného plynu pro ohřívací pec hrubé válcovny [59]

Obr. 6.13.1 Narážecí pec na kontidrátové trati

Obr. 6.13.2 Potrubní systém směsného plynu pro narážecí pec kontidrátové trati [59]

Obr. 6.14.1 Kroková pec na středojemné válcovně

Obr. 6.14.2 Potrubní systém směsného plynu pro krokovou pec na středojemné válcovně [59]

Obr. 6.15.1 Poloha plynojemu v rámci uvažované společnosti

Obr. 6.15.2 Schématické znázornění plynojemu [59]

Obr. 6.15.3 Podoba plynojemu

Obr. 6.16.1 Schéma plynného rozvodu propan – butanu v detailu [59]

Obr. 6.17.1 Sklad technických plynů

Obr. 6.17.2 Tlakové lahve umístěné ve skladu technických plynů

Obr. 7.1 Počítačový program – 1

Obr. 7.2 Počítačový program – 2

Obr. 7.3 Vybrané výsledky z případové studie s fuzzy logikou

Seznam tabulek

- Tab. 2.1.1 Univerzum rizik [upraveno podle 63]
- Tab. 2.2.1 Historické události se závažným dopadem na chráněné hodnoty
- Tab. 2.2.2 Probitové funkce důsledků mimořádné události
- Tab. 4.1.1 Přehled hodnocených faktorů
- Tab. 4.1.2 Kritéria hodnocení posuzovaného faktoru školení (úrovně)
- Tab. 4.2.1 Rozdělení mimořádných událostí s fyzikálními efekty a následky [54, 42]
- Tab. 5.1.1 Zdroje mimořádných událostí – aplikace metod Dow index hořlavosti a výbušnosti
- Tab. 5.1.2 Zdroje mimořádných událostí a přehled scénářů
- Tab. 5.1.3 Hodnocená kritéria, aspekty, hodnocení
- Tab. 6.2.1 Přehled chemických látek v uvažované průmyslové společnosti
- Tab. 6.2.2 Fyzikálně – chemické vlastnosti a technicko – bezpečnostní parametry plyných látek a směsí
- Tab. 6.2.3 Fyzikálně – chemické vlastnosti a technicko – bezpečnostní parametry kapalných látek a směsí
- Tab. 6.3.1 Popis mimořádné události 1
- Tab. 6.3.2 Parametry benzolových nádrží
- Tab. 6.4.1 Popis mimořádné události 2
- Tab. 6.4.2 Vlastnosti potrubního vedení koksárenského plynu
- Tab. 6.5.1 Popis mimořádné události 3
- Tab. 6.5.2 Vlastnosti potrubního vedení zemního plynu
- Tab. 6.6.1 Popis mimořádné události 4
- Tab. 6.6.2 Vlastnosti potrubního vedení vysokopecního plynu
- Tab. 6.7.1 Popis mimořádné události 5
- Tab. 6.7.2 Vlastnosti potrubního vedení koksárenského plynu
- Tab. 6.8.1 Popis mimořádné události 6
- Tab. 6.8.2 Vlastnosti potrubního vedení zemního plynu
- Tab. 6.9.1 Popis mimořádné události 7
- Tab. 6.9.2 Vlastnosti potrubního vedení směsného plynu
- Tab. 6.10.1 Popis mimořádné události 8
- Tab. 6.10.2 Parametry zásobníků na plyný vodík
- Tab. 6.11.1 Popis mimořádné události 9
- Tab. 6.11.2 Vlastnosti potrubního vedení zemního plynu
- Tab. 6.12.1 Popis mimořádné události 10
- Tab. 6.12.2 Vlastnosti potrubního vedení směsného plynu
- Tab. 6.13.1 Popis mimořádné události 11
- Tab. 6.13.2 Vlastnosti potrubního vedení směsného plynu
- Tab. 6.14.1 Popis mimořádné události 12

Tab. 6.14.2 Vlastnosti potrubního vedení směsného plynu
Tab. 6.15.1 Popis mimořádné události 13
Tab. 6.15.2 Parametry plynojemu
Tab. 6.16.1 Popis mimořádné události 14
Tab. 6.16.2 Vlastnosti potrubního vedení propan – butanu
Tab. 6.17.1 Popis mimořádné události 15
Tab. 6.18.1 Hodnocení mimořádné události
Tab. 7.1 Největší zdroje rizika z pohledu provozních oblastí
Tab. 7.2 Vyhodnocení posuzovaného rizika
Tab. 7.3 Vyhodnocení dle kritérií

Seznam symbolů, zkratek a značek

Seznam použitého značení uvádí nejčastěji používané a nejdůležitější značky a zkratky v této práci. U jednotlivých vzorců, které jsou uvedeny v práci je význam použitých značek podrobně vysvětlen.

ALOHA	- výpočetní program, Area Locations of Hazardous Atmosphere
ARM	- Asset risk management
CL	- Check list
EFFECTSGIS	- výpočetní program
ERM	- Enterprise risk management
ESRA	- European Safety and Reliability Association
ETA	- Event tree analysis
F&EI	- Index hořlavosti a výbušnosti
FERMA	- Federation of European Risk Management Associations
FMEA	- Failure mode and effect analysis
FTA	- Fault tree analysis
GHS	- Global harmonized system
HAZOP	- Hazard and operability study
IMS	- Integrated management system
JPO	- Jednotka požární ochrany
LEL	- Dolní mez výbušnosti
MF	- Materiálový faktor
PHA	- Preliminary hazard analysis
REACH	- Registration, Evaluation, Authorisation and Restriction of Chemical substances
RM	- Risk management
RMS	- Risk management standard
TEREX	- výpočetní program, Teroristický expert
UEL	- Horní mez výbušnosti
VP	- Vysoká pec
WI	- What if analysis

Výkladový slovník

Analýza rizik	Systematické používání informací k odhadu rizika a určení jeho zdrojů.
Financování rizik	Poskytnutí peněžních a kapitálových prostředků k pokrytí nákladů na zavedení zvládání rizik a souvisejících nákladů.
Hodnocení rizik	Souhrnný proces analýzy a vyhodnocení rizik.
Identifikace zdrojů rizik	Vytvoření množiny zdrojů rizik na základě vlastností a množství nebezpečných látek, umístěných v objektu nebo zařízení, způsobu provozování a možných konkrétních situací uvnitř i vně objektu nebo zařízení, které mohou způsobit závažnou havárii.
Individuální riziko	Riziko vztahované k jednotlivci.
Nebezpečí	Vnitřní (vrozená) vlastnost látky, zdroje energie nebo fyzikální situace, které mají potenciál způsobit nežádoucí následky (zranění lidí, škodu na majetku, škodu na životním prostředí nebo jejich kombinaci). Nebezpečí je zdrojem rizik.
Nebezpečná látka	Nebezpečná chemická látka nebo chemický přípravek, které vykazují jednu nebo více nebezpečných vlastností klasifikovaných podle zákona o chemických látkách.
Management	Specifický způsob řízení, kterým chceme dosáhnout vybraných cílů.
Mimořádná událost	Závažná, časově těžce předvídatelná a prostorově ohraničená událost způsobená vlivem živelné pohromy, technické nebo technologické havárie, poruchy v provozu, případně úmyslným jednáním člověka, která vyvolala narušení stability systému, nebo probíhajících dějů a činností, ohrožuje životy a zdraví osob, hmotné a kulturní statky nebo životní prostředí.
Ohrožení	Možnost aktivace nebezpečí.
Riziko	Funkce pravděpodobnosti vzniku havárie a jejích dopadů.
Řízení rizik	Koordinované činnosti sloužící k řízení a kontrole organizace s ohledem na rizika.
Scénář	Variantní popis rozvoje závažné havárie, popis rozvoje příčinných a následných na sebe navazujících a vedle sebe i posloupně probíhajících událostí, a to buď spontánně probíhajících a nebo jako činnosti lidí, které mají za účel zvládnout průběh závažné havárie.
Společenské riziko	Riziko vztahované ke skupině osob.

Vnímání rizik	Způsob, jakým zainteresovaná strana nahlíží na riziko, založený na souboru hodnot nebo zájmů.
Vyhodnocení rizik	Proces posuzování odhadnutého rizika podle zavedených měřítek rizik kvůli určení závažnosti rizika.
Zainteresovaná strana	Jednotlivec, skupina nebo organizace, kteří mohou ovlivnit, být ovlivněni, nebo se cítit ovlivněni rizikem.
Závažná havárie	Mimořádná, částečně nebo zcela neovladatelná, časově a prostorově ohraničená událost, která vznikla nebo jejíž vznik bezprostředně hrozí v souvislosti s užíváním objektu nebo zařízení, v němž je nebezpečná látka vyráběna, zpracovávána, používána, přepravována nebo skladována, a vedoucí k vážnému ohrožení nebo vážnému dopadu na životy a zdraví lidí, hospodářských zvířat a životní prostředí nebo k újmě na majetku.
Zdroj rizika	Vlastnost nebezpečné látky nebo fyzická či fyzikální situace vyvolávající možnost vzniku závažné havárie.
Zranitelnost	Náchylnost k porušení zařízení nebo útoku, které se projeví, interní kritérium uvažované společnosti.

Při zpracování výkladového slovníku se vycházelo z [68, 54, 3].

1 Úvod

Management rizik je založen a uplatňován ve všech společnostech, které mají trvalý zájem na budování udržitelné pozice na trhu. Management je definován jako proces tvorby a udržování prostředí, ve kterých jednotlivci pracují společně ve skupinách a účinně dosahují vybraných cílů [80].

Proces řízení rizik zahrnuje vybudování vhodné infrastruktury a použití logického a systematického postupu ke zjištění souvislostí, identifikaci, analýze, vyhodnocení, zvládání, sledování a hlášení rizik spojených s libovolnou činností, postupem nebo funkcí takovým způsobem, který dovolí minimalizovat ztráty a maximalizovat zisky. Za zavedení takového systému řízení rizika a kontrolních systémů, které zajistí, že jsou významná rizika identifikována a monitorována, je zodpovědný management společností. Správně implementovaný systém řízení rizik má za následek, že manažeři nemusí řešit konflikty nebo problémy vzniklé z důvodu nezájmu vůči procesu rizikového managementu nebo neznalosti tohoto procesu. Podstatným faktem je, že řízení rizik neznamena se rizikům vyhýbat, ale je to proces navržený k identifikaci, posouzení a reakci (přijmout, snížit, přenést, odmítnout) a sledování rizik při využívání výhod potenciálních rozhodovacích možností. Důsledkem řízení rizik je také to, že se ve společnostech povzbuzuje stav k přijímání více rizik. Celkově se proces řízení rizik ve společnostech nazývá management podnikového rizika.

Řízení podnikového rizika, tak jak je popsáno výše, je často nazýváno pojmem “Enterprise risk management (ERM)“. Součástí řízení rizik společnosti je i tzv. management rizik základního jmění, “Asset risk management (ARM)”. Uvedené systémy jsou implementovány v celé řadě významných firem, mezi které patří například ArcelorMittal, podporovány poradenskými společnostmi (Ernst & Young, XL Gaps, Matrix, AGF) a pojišťovnami (AXA Corporate Solutions, Mapfre). Jedním z výchozích dokumentů, které specifikují hlavní rámce řízení rizik je *Risk Management Standard* [3] vydaný Federation of European Risk Management Associations – FERMA. Samotná implementace systému řízení rizik může mít celou řadu forem, které se liší především typem podnikatelské činnosti společnosti a druhem řízeného rizika. Jedná se především o metody analýzy rizik a hodnocení.

V průmyslovém sektoru, kde se užívá řada hořlavých a výbušných chemických látek k technologickým procesům, vzniká rizikový faktor mimořádné události jako požár, výbuch a rizika případných průmyslových havárií. Mezi typické společnosti patří firmy z hutního, strojírenského, těžebního a chemického průmyslu. Pro získání parametrů havárie se využívá modelování havárie jako součást analýzy rizik zahrnující pravděpodobné scénáře havárií. Mezi možnosti modelování požáru a výbuchu patří použití nomogramů, aplikace analogicky odvozených zjednodušených teoretických modelů, počítačové simulace a v případě výbuchu také jeho simulace v reálných podmínkách pomocí předem

připravených postupů. Při analýze rizik havárie vzniká potřeba použití metodiky případně expertního systému, které zahrnují rozhodovací algoritmy a hodnocení (vybraných skupin oblastí) pro potřeby řízení podnikového rizika.

Předložená práce se zabývá zpracováním metodiky pro potřeby hodnocení mimořádných událostí jako jsou požár a exploze, způsobující průmyslové havárie s využitím multikriteriální analýzy.

2 Současný stav řešené problematiky

2.1 Řízení rizik

Podniky v tržní ekonomice bez ohledu na předmět podnikání a velikost organizace mají jeden ze základních cílů maximalizaci zisku. Samotný způsob maximalizace zisku je určený strategií podniku, která je ovlivněna mnoha faktory. Výběr vhodné strategie podniku vytváří její postavení na trhu v současnosti a do jisté míry zaručuje postavení i v budoucnosti [80].

Jako součást strategie pro udržení se konkurenceschopným na trhu, podniky vytvářejí své integrované systémy řízení (Integrated management system – IMS) [17, 18, 19, 38], které také zahrnují oblast řízení podnikového rizika [52].

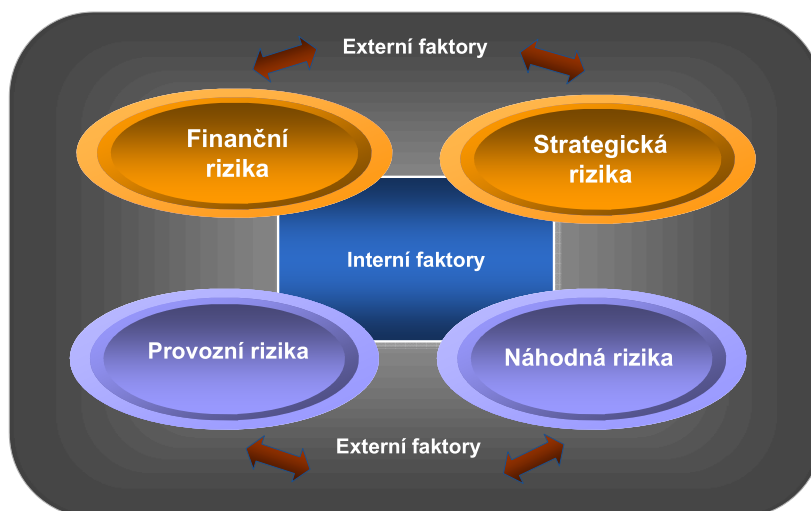
Pro definici pojmu riziko existuje několik možností. Obecně lze říci, že riziko je [82]:

- možnost, že dojde k události, která nepříznivě ovlivní výkon, misi nebo cíle,
- pravděpodobnost vzniku ztráty.

Společnosti musí řídit a koordinovat všechna rizika, jejichž výčet je uveden níže:

- finanční,
- strategická,
- náhodná,
- provozní.

Rizika jsou ovlivněna vnitřním prostředím společnosti a vnějším prostředím, tak jak je patrné z obr. 2.1.1.



Obr. 2.1.1 Prostředí ovlivňující rizika ve společnosti [upraveno podle 63, 3]

Mezi jednotlivé výše jmenované obecné skupiny rizik lze zařadit řadu specifických, které jsou obsahem tab. 2.1.1.

Tab. 2.1.1 Univerzum rizik [upraveno podle 63]

Typ rizika	Externí faktory	Prolínání faktorů	Interní faktory
Finanční	Úrokové sazby Úvěry Směnné kurzy	-	Likvidita Cash flow
Strategická	Odvětvové změny Konkurence na trhu Změna poptávky Požadavky zákazníků	Fúze Akvizice	Výzkum a vývoj Duševní vlastnictví
Náhodná	Přírodní katastrofy Životní prostředí Dodavatelé služeb, zboží Smlouvy	Veřejný přístup Zaměstnanci Nemovitosti Produkty Služby	-
Provozní	Legislativní předpisy Předpisy korporací Skladba managementu Firemní kultura	Nábor zaměstnanců Řetězec dodavatelů	Účetnictví a jeho kontroly Informační systémy

Celkově se proces řízení [32] veškerých výše uvedených rizik ve společnosti nazývá management podnikového rizika. Jedná se o strukturovaný proces, který [77]:

- je prováděný představenstvem společnosti, managementem a zaměstnanci,
- je aplikovaný ve strategii napříč společností,
- je navržený k identifikaci potenciálních událostí, které by mohly společnost postihnout a k řízení rizik z těchto událostí plynoucích,
- má poskytnout přijatelné zajištění k dosažení cílů entity.

Uvedené problematice managementu podnikového rizika se věnuje celá řada konzultačních firem, oborových sdružení, výzkumných institucí, vědců a odborníků z praxe. Mezi nejznámější organizace patří **Federation of European Risk Management Associations – FERMA**, která má zastoupení ve většině evropských zemí včetně České republiky. FERMA je také členem světové organizace **International Federation of Risk and Insurance Management Associations**.

Mezi významné organizace patří také **European Safety and Reliability Association – ESRA**, která se zabývá uplatňováním bezpečnosti a spolehlivosti technologií ve všech oblastech lidské činnosti. Organizace ESRA pořádá prostřednictvím svých členů pravidelně specializovanou konferenci ESREL, kde jsou diskutována aktuální témata z výzkumu z oblasti řízení rizik.

Management podnikového rizika, jak je popsán výše, je často označován jako “Enterprise risk management (ERM)”. Součástí řízení rizik společnosti je i tzv. management rizik základního jmění, “Asset risk management (ARM)”. Hlavní rozdíl mezi ERM a ARM je oblast a rozsah řízených rizik. “Asset risk management (ARM)” využívají zejména společnosti z chemického, těžebního, stavebního nebo hutního průmyslu (např. korporace ArcelorMittal). Z konzultantských firem a pojišťoven se managementu podnikového rizika věnují auditorské společnosti Ernst & Young, KPMG a pojišťovny jako AXA Corporate Solutions a GENERALI.

Účinné řízení podnikových rizik závisí na přesném pochopení konceptu rizika [63], principů řízení rizika [69] a realizaci procesu řízení rizik [77]. Samotná implementace systému řízení rizik může mít celou řadu forem, které se liší především typem podnikatelské činnosti společnosti a druhem řízeného rizika. Proces řízení podnikového rizika lze rozdělit do několika postupných fází [63, 64]. Největší rozdíly mohou být především u metod hodnocení nebezpečí a analýzy rizik. Základním pravidlem je, aby se těchto analýz rizik a hodnocení zúčastnila skupina odborníků s teoretickými a praktickými zkušenostmi z oboru.

Uvedenou problematikou řízení rizik v podnicích se zabývá řada českých a slovenských autorů. Jedná se například o publikaci [77], která obecně pojednává o rizikologii se zaměřením na základní pojmy, analýzu rizik a jejich ovládání. Řízením jednotlivých typů rizik ve firmách a jiných organizacích se zabývá [69]. Kniha diskutuje možnosti identifikace rizikových faktorů včetně hodnocení jejich dopadů, a možnosti preventivních postupů ke zvládnutí rizik. Jinou publikací zabývající se diskutovaným tématem je [45]. Kniha je určena pro specialisty z firem, kteří mají za úkol vytvářet postupy a metodiky řízení rizik zejména v procesu návrhu nových investičních projektů.

Ze zahraničních prací a publikací se řízením rizik v rámci Enterprise risk management věnuje řada autorů a výzkumných institucí, kteří posuzují riziko z pohledu obecného nebo

přímo v souvislosti s oblastí bezpečnosti práce. Managementem rizik průmyslových havárií se zabývá například [54].

U řešení problematiky analýzy rizik průmyslové havárie je nutné použít vhodných rozhodovacích procesů, které zahrnou do analýzy rizik a hodnocení také vybrané skupiny oblastí (např. lidský faktor, životní technologie apod.). Pro modelování rozhodovacích procesů [71] se především využívají rozhodovací stromy, síťové a bilanční modely, lineární programování a multikriteriální analýza. Práce se dále zabývá především aplikací multikriteriální analýzy, protože umožňuje vhodně zahrnout všechny požadované oblasti do analýzy rizik a hodnocení [35].

Multikriteriální analýza jako rozhodovací proces je diskutovaným tématem zejména zahraničních autorů jako je např. [78]. Publikace popisuje principy multikriteriální analýzy, stanovení pořadí alternativ a výsledky výzkumu. Z českých autorů se rozdělením a popisem rozhodovacích modelů zabývá [35]. Modelování rozhodovacích procesů pro oblast bezpečnosti diskutuje [71]. Praktické ukázky aplikace multikriteriální analýzy na příkladech uvádí [12, 13]. U multikriteriální analýzy, ve které je nutné zohlednit neurčitost vstupních informací, se vychází nejčastěji z teorie fuzzy množin [65], protože poskytují dostatečný matematický aparát [57]. Přehled základních pojmů, operací s fuzzy množinami, definice a fuzzy modely uvádí [72, 65, 29].

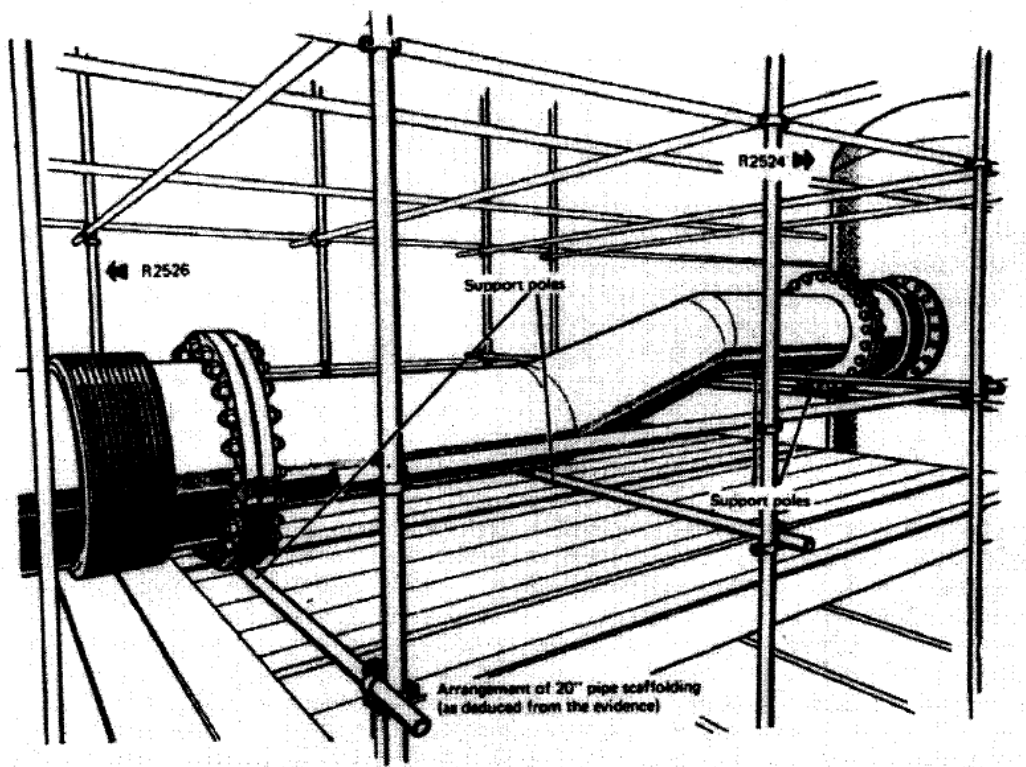
2.2 Modelování průmyslových havárií

V průmyslových oblastech se můžeme setkat s celou řadou látek, které jsou nezbytné pro výrobu, ale zároveň jsou potenciálním zdrojem havárie, např. rozvoje výbušné směsi [44]. Typickým regionem s vysokou koncentrací průmyslu je Moravskoslezský kraj. Nalezneme zde těžký i lehký průmysl jako je hornický, chemický, stavební, hutní a strojírenský průmysl. Mezi nejrozšířenější nebezpečné průmyslové látky z pohledu požáru a výbuchu, které se používají při průmyslové výrobě jsou hořlavé kapaliny a technické plyny jako např. kyslík, vodík, zemní plyn, acetylen [53]. Dalším nebezpečným zdrojem mohou být hutní plyny jako např. koksárenský plyn při výrobě koksu a vysokopecní plyn vznikající při výrobě železa.

V minulosti došlo ve světě v souvislosti s vývojem hořlavé a výbušné směsi látek k několika závažným průmyslovým haváriím [1]. Ty měly podstatný a velmi alarmující dopad na okolní prostředí, technologie a člověka [81]. Tab. 2.2.1 je shrnutím těch, které svým dopadem měly největší vliv na chráněné hodnoty.

Tab. 2.2.1 Historické události se závažným dopadem na chráněné hodnoty

Rok události	Oblast	Látka	Důsledek	
			Počet zraněných osob	Počet mrtvých osob
1974	Flixborough, Velká Británie	cyklohexan	36	28
1976	Seveso, Itálie	dioxin	37000 osob vystavených působení toxického mraku	
1977	Dallas, USA	izobutan	1	0
1978	Texas, USA	LPG	10	7
1979	Los Angeles, USA	benzín	2	2
1984	Bhópál, Indie	methyloksianát, kyanovodík	81 000	bezprostředně 1754
1985	Mexico City, Mexiko	LPG	6 400	650
1989	Pasadena, USA	izobutan	mnoho	23
2000	Baia Mare, Rumunsko	kyanid	–	–
2004	Skikda, Alžírsko	zemní plyn	72	27



Obr. 2.2.1 Technologický uzel zařízení – havárie ve Flixborough [42]

Obr. 2.2.1 dokladuje část technologického uzlu výroby kaprolaktamu, kde došlo ke zmíněné havárii způsobené vznikem požáru a výbuchu ve Flixborough, která měla velký dopad na chráněné hodnoty.

Diskutovanou problematikou modelování mimořádných havárií v průmyslových podnicích se zabývá řada českých a zahraničních autorů. Popisem jednotlivých typů havárií způsobených únikem plyných nebo kapalných látek se zabývá publikace [44], která je určena pro širokou řadu uživatelů z praxe, bezpečnostní techniky i všechny ostatní se zájmem o tuto problematiku. Jednotlivé typy havárií z titulu úniku chemických látek různého skupenství a následného chování popisuje i [46]. Tato publikace je ovšem určena zejména pro experty řešící problematiku mimořádných havárií a jejich modelování. Mezi významné projekty zabývající se řízením rizik v průmyslu je projekt ARAMIS [4], který vznikl v rámci 5. programu financovaného Evropskou unií.

Z českých autorů se řešením havárií zabývá [67, 68]. Publikace ve svých dvou dílech rozvádí problematiku nakládání s nebezpečnými chemickými látkami a směsmi, jejich kategorizaci, nový systém GHS v souladu s metodikou REACH. Druhý díl diskutuje a popisuje možná technologická rizika, havarijní scénáře mimořádných průmyslových havárií, možnosti využití počítačových programů pro jejich simulaci. Kniha je zajímavá tím, že se zabývá i světovým problémem terorismu a použitím jaderných zbraní a zbraní hromadného ničení.

2.2.1 Modely následků a zranitelnosti

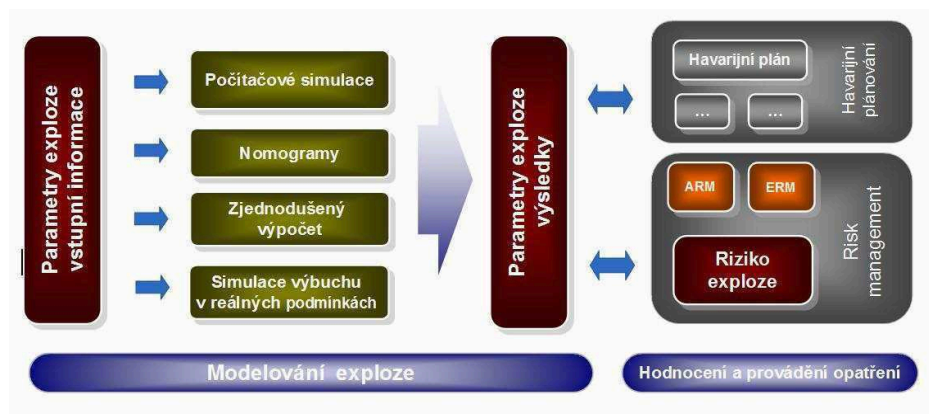
Havarijní události bez ohledu na původ, typ technického nebo technologického zařízení nebo vykonávanou činnost vedou k jednomu z pěti následujících následků v závislosti na typu prostředí, kam nebezpečná látka nebo směs uniká a jejím chování [68]. Hlavními následky jsou toxický rozptyl, vznik požáru, vznik výbuchu, znečištění ovzduší a znečištění vody.

Pro potřeby hodnocení následků se využívá modelování havárií zahrnující její pravděpodobné scénáře [5]. Experti využívají kombinace modelů následků jako kvantifikaci základních fyzikálních parametrů, např. koncentrace, tepelná radiace nebo přetlak. Podrobnosti k jednotlivým modelům následků uvádí [4]. Modely následků lze rozdělit na:

- model zdrojového členu – stanovení množství a podmínek uvolněné látky:
 - modely výtoku – např. Bernoulliho rovnice,
 - modely vypařování,
- modelování rozptylu:
 - Gaussův model,
 - Lagrangianův model,
 - Box model,
 - Computational Fluid dynamics model,
- modelování požárů:
 - Pool fire,
 - Jet fire,
 - Flash fire,
 - B.L.E.V.E.,
- modelování výbuchů:
 - model TNT,
 - model TNO.

Základní typy výpočetních modelů požáru a výbuchu lze rozdělit do následujících skupin, tak jak je patrné z obr. 2.2.2.:

- nomogramy,
- aplikace analogicky odvozených zjednodušených teoretických modelů,
- počítačové simulace,
- simulace výbuchu v reálných podmínkách pomocí předem připravených postupů.



Obr. 2.2.2 Možnosti modelování mimořádné havárie

Nejjednodušší formou simulace je výpočet s využitím nomogramu. Jedná se o kombinaci grafické a výpočetní metody. Výpočetní náročnost není velká, ale existuje celá řada faktorů, které nemohou být zahrnuty ve výpočtu. Tyto faktory mohou způsobit velkou odchylku od skutečného průběhu mimořádné události. S postupem se nejčastěji setkáváme v českých normách i v legislativě Evropské unie. Normy obsahují i postup výpočtu. K nejčastějším omezením patří řešení požáru a exploze pouze v určité oblasti s omezeným množstvím vstupních parametrů. Na základě tohoto postupu se obdrží pouze limitované výsledky.

Další metodou je aplikace analogicky odvozených zjednodušených teoretických modelů. Metoda vyžaduje při výpočtu teoretickou rozvahu a odvození vzorců. Řešitel musí hledat v teoretických zdrojích informaci, jak nejlépe charakterizovat chemické látky a parametry mimořádné události pro daný teoretický model. Možnosti parametrizace vstupu a výstupu určuje volba výpočetního modelu požáru a exploze. Ruční výpočet je časově náročný, a proto je doporučeno použít algoritmů s využitím např. tabulkového procesoru. Postup je vhodný zejména v případech, kdy se hledá řešení modelování požáru a exploze pro nové průmyslové látky a sloučeniny.

Třetí metodou je využití modelování požáru a exploze počítačovými simulacemi, která je v současné době s možnostmi výpočetní techniky nejzajímavější. Výpočetní systémy pro modelování požárů a explozí zahrnují podrobně zpracované výpočetní modely požárů a explozí. Zpracované výpočetní modely nejznámějších software (např. ALOHA [2, 61], EFFECTSGIS [22] a TEREX [75]) umožňují širší řadu vstupních aplikací [14, 79] než metody předešlé. Při vyhodnocování nabízí použití také různých klasifikačních a hodnotících kritérií pro hodnocení dopadů na zdraví a životy lidí. Aplikaci je možno použít k posouzení možných ztrát na majetku a životním prostředí, což může být zajímavý údaj, jak pro provozovatele takového zařízení, tak i pro průmyslové pojišťovny a orgány státní správy.

Poslední možností je simulace výbuchu v reálných podmínkách s omezením množství výbušné látky. Jsou použity takové technologické postupy, aby nedošlo k újmě na zdraví osob a majetku. Jako příklad lze uvést činnost zkušebních ústavů, kdy se vyvolává a zkoumá exploze ve zkušebních štolách po důlní činnosti.

Nezbytnou součástí práce experta je i využití modelů zranitelnosti jako modelů dávek nebo odezvy, které poskytují ohodnocení účinků těchto fyzikálních jevů na příjemce [28]. Účelem modelů zranitelnosti je kvantifikace odezvy příjemců na nepříznivé fyzikální jevy havárie. Modely zranitelnosti jsou:

- modely toxických účinků,
- modely tepelné radiace,
- modely nárazové přetlakové vlny.

Modely zranitelnosti využívají probitovou funkci, která je založená na statistické analýze daného účinku na populaci zvířat. Jednotlivé probitové funkce důsledků jsou uvedeny v tab. 2.2.2.

Tab. 2.2.2 Probitové funkce důsledků mimořádné události [54]

Důsledek	Probitová funkce	Hodnota probitové funkce	Zdroj
BLEVE	$P_r = a + b \cdot \ln(t \cdot q^{4/3})$	a, b konstanty	CPR 18E
Pool Fire		t a q konstanty pro	
Jet Fire		příslušnou látku	
Flash Fire	-	Přímý zásah plamenem na úrovni smrtelné hodnoty	CPR 18E
V.C.E	$P_r = a + b \cdot \ln v_0$ $P_r = a + b \cdot \ln S$	a, b konstanty pro příslušnou látku	CPR 18E
U.V.C.E		v₀ počáteční rychlost letících částic S je funkcí impulzu a počátečního tlaku	
Toxický rozptyl	$P_r = a + b \cdot \ln(C^n \cdot t)$	a, b, n konstanty pro příslušnou látku t a C proměnné	CPR 18E

2.2.2 Nástroje pro modelování následků havárií

Výše uvedené modely následků a zranitelnosti jsou již zahrnuty v řadě komerčně vydaných programů, což poskytuje expertům v praxi podporu v posuzování chování příslušných havárií. Na trhu lze v současné době využít řadu těchto programů preferovaných nebo doporučených. Software programy lze rozdělit na [68]:

- screeningové modely – určené pro rychlou aplikaci v terénu, omezené množství vstupních parametrů,
- jednoduché modely – omezené množství vstupních parametrů, využívání odhadů např. meteorologických podmínek,
- pokročilé modely – široké spektrum vstupních dat (meteorologické, terénní podmínky), potřeba technických zařízení,
- specializované modely – potřeba podrobných vstupních dat a termodynamických veličin, využití pro předpověď rozptylu zvláště nebezpečných chemických látek a směsí (terorismus, biologické zbraně).

Zkušenosti z praxe ukazují na omezení jednotlivých software nástrojů. Jednotlivé programy obvykle pracují s jiným typem algoritmu. Obecně jsou programy založeny nejčastěji na následujících matematických formulacích [68]:

- Gaussův model rozptylu,
- model rozptylu těžkého plynu.

Mezi hlavní používané software programy doporučenými Ministerstvem životního prostředí České republiky patří např. ALOHA, WHAZAN, EFFECTS, ROZEX nebo TerEx.

Program ALOHA je využitelný v oblasti havarijního plánování i pro reakci při havarijní situaci, kdy určuje odhad velikosti a tvaru oblasti o příslušné koncentraci chemické látky, která unikne v okruhu do 10 km od zdroje úniku s omezením úniku maximálně na 1 hodinu.

Základní omezení tohoto programu jsou [68]:

- neuvažuje členitý terén,
- neuvažuje průběžné změny rychlosti větru a změny jeho horizontální složky,
- nemožnost modelování disperze částic,
- nemožnost modelování úniku radioaktivních látek,
- nemožnost modelování počátečního přetlakového úniku plynu ze zdroje,
- neuvažuje dopady do 10 m od zdroje.

Program EFFECTS umožňuje expertům odhadnout fyzikální efekty úniků chemických látek především v oblasti havarijního plánování. Program využívá modelů postupně pro rozptyl neutrálního nebo těžkého plynu případně i pro turbulentní únik plynu při uvažování okamžitého, semi-kontinuálního nebo kontinuálního úniku.

Program TerEx je využitelný pro odhad dopadů po úniku nebezpečných látek a navíc i výbušných systémů pracující s tzv. nejhorší variantou.

2.3 Právní rámec řešení problematiky

Základní požadavky u řešení problematiky řízení rizik pro podniky v České republice stanovuje národní legislativa nebo mezinárodní standardy. Národní legislativa vychází z evropských požadavků, kde se v oblasti řízení bezpečnostních rizik jedná zejména o Evropskou Směrnici Rady č. 89/391/EHS z roku 1989 [24]. Česká legislativa stanovuje požadavky v několika aktech řízení, zejména v Zákoníku práce č. 262/2006 Sb. [85] a zákoně č. 309/2006 Sb. [86], kterým se upravují další požadavky bezpečnosti a ochrany zdraví při práci v pracovněprávních vztazích a o zajištění bezpečnosti a ochrany zdraví při činnosti nebo poskytování služeb mimo pracovněprávní vztahy (zákon o zajištění dalších podmínek bezpečnosti a ochrany zdraví při práci). Tyto základní akty řízení jsou následně rozvedeny v řadě prováděcích předpisů [49, 50, 51].

Meze základní mezinárodní normativy patří např. ISO/IEC Guide 73 Risk management [39], který je dále rozveden do příslušných standardů [76]. Dalšími zavedenými standardy jsou OHSAS 18 001 [19] a další ISO standardy. Rozšířeným standardem je Risk Management Standard [3] vydaný sdružením FERMA. Tento standard je zpracován k využití specialistům z oboru, kde se zabývá rozbořem rizika a obecným postupem řízení rizik v návaznosti na evropské legislativní a normativní požadavky a doporučení.

Zmíněné havárie ve Flixborough, Bhopálu a Sevesu otevřely diskuzi o nutnosti systémového řešení přístupu k prevenci a řešení mimořádných událostí způsobených únikem a následným šířením toxického oblaku a případným vznikem požáru nebo výbuchu průmyslových používaných látek včetně zavedení jednotné legislativy, tzv. SEVESO I. Zmíněné průmyslové havárie položily také základ pojmu závažná havárie a popisu jejich kritérií v závislosti na jejich následcích. Direktiva SEVESO II, která je v českém prostředí ukotvena v zákoně č. 59/2006 Sb. [84] uvádí přesné vymezení pojmu závažná havárie z titulu úniku nebezpečné látky nebo směsi. Návaznou direktivou je SEVESO III [6].

Základní požadavky na provedení opatření pro minimalizaci rizik spojených s havárií stanovuje legislativa. Základní legislativní požadavky jsou vydávány nejčastěji formou zákona a jeho prováděcích předpisů, které stanovují opatření, nejčastěji vymezení ochranných zón, implementace opatření do havarijních plánů, krizových plánů apod. [70].

Národní legislativní akty řízení v oblasti řízení rizik spojených s možností vzniku mimořádné havárie jsou v souladu s požadavky Evropské unie. Jedná se především o legislativní požadavky v následujících oblastech:

- požární ochrany,
- prevence vzniku výbušných směsí [20],
- chemických látek a směsí,
- prevence závažných havárií,
- havarijního plánování.

3 Cíl práce

Cílem práce je navržení a zpracování metodiky řízení rizik pro snížení zranitelnosti v oblasti havárií způsobených vznikem požáru nebo výbuchu, které jsou zahrnuty v rámci Asset risk management (ARM) nebo Enterprise risk management (ERM). Protože řešená problematika je značně široká, práce se zaměří na oblast průmyslových havárií, do kterých jsou zahrnuty úniky chemických látek nebo směsí, které mohou způsobit požár nebo explozi. Metodika se aplikuje za reálných podmínek v hutním podniku z Moravskoslezského kraje.

Dílčí cíle byly v této práci stanoveny takto:

- řešení problematiky řízení rizik, které se uplatní při snižování zranitelnosti podniků (Enterprise risk management),
- zpracování nezbytných teoretických vztahů pro použité modely havárií,
- vytvoření vhodné metodiky a počítačového programu,
- aplikace a validace (ověření) metodiky na případové studii v rámci hodnocení mimořádných událostí v reálných podmínkách hutního podniku v Moravskoslezském kraji,
- vyhodnocení použitelnosti a omezení vytvořené metodiky pro potřeby hodnocení havárií, které jsou zahrnuty v rámci Asset risk management (ARM), Enterprise risk management (ERM) nebo jiných.

Cílem práce je umožnit propojení moderních způsobů modelování závažných havárií a řízení rizik. Uvažovaný přístup umožní přesnější a kvalifikovanější hodnocení rizik, která jsou spojena s touto problematikou, což bude mít pozitivní přínos pro firmy.

4 Zvolené metody zpracování

4.1 Risk management

4.1.1 Základy risk managementu

Základním parametrem pro práci v oblasti řízení rizik je definování pojmu riziko [62]. Pro riziko existuje v praxi celá řada definicí, které především závisí na oblasti jejich řízení. Postupem doby se pohled na definici rizika ustálil. Obecně lze říci, že riziko je [82, 64]:

- možnost, že dojde k události, která nepříznivě ovlivní výkon, misi nebo cíle,
- pravděpodobnost vzniku ztráty.

Pojem riziko je často spjat pouze s oblastí bezpečnosti a ochrany zdraví při práci, kde je definováno jako [5]:

- možnost nežádoucích dopadů,
- funkce pravděpodobnosti a velikosti ztrát,
- funkce pravděpodobnosti vzniku havárie a jejích dopadů.

Charakter rizika může mít různou povahu [15] a proto ho dělíme do základních skupin, které se dále mohou dělit podle svého specifika na bezpečnostní, organizační, finanční apod.

Na pojem riziko lze nahlížet ze dvou úhlů pohledu:

- závažnost nebo rozsah události,
- pravděpodobnost vzniku události.

Pohled na riziko z pohledu pravděpodobnosti a závažnosti nežádoucí události je výhodný, neboť umožňuje toto riziko měřit a porovnávat [28]. Riziko lze vyjádřit v různých jednotkách a vždy si zachovává pravděpodobnostní charakter.

V oblasti řízení rizik mimořádných událostí se obvykle riziko hodnotí prostřednictvím ekonomické ztráty a ztráty ve smyslu poškození lidského zdraví. Finanční míra rizika udává průměrnou výši finančních prostředků, které musí podnik kumulovat, aby byl schopný pokrýt následky mimořádné události. Zdravotní míra rizika určuje výši rizika osob ohrožených působením mimořádné události, např. únikem nebezpečných látek nebo směsí z technických a technologických zařízení. Vzhledem k tomu, že mimořádná událost má náhodný charakter pro průmyslové podniky je obvyklé, že využívají průmyslová pojištění. Numericky lze vyjádřit riziko následovně [70]:

$$R = \sum R_i = \sum \varphi_i \cdot N_i, \quad (4.1.1)$$

kde je R riziko,
 R_i dílčí riziko,

φ_i dílčí pravděpodobnost rizika,
 N_i dílčí náklady na odstranění škod.

$$R^T = R + R_z, \quad (4.1.2)$$

kde je R^T celkové riziko,
 R riziko,
 R_z zbytkové riziko.

Pravděpodobnost rizika se vyjádří:

$$\varphi = \frac{\sum_{i=1}^m n_i}{n \sum}, \quad (4.1.3)$$

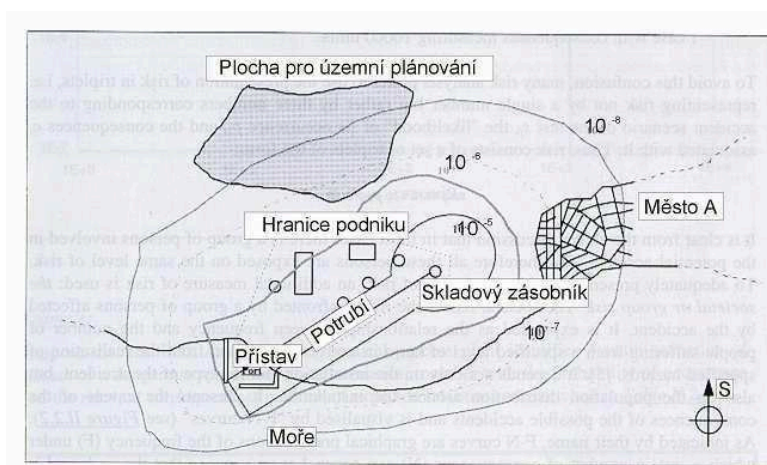
kde je n_i počet uskutečněných mimořádných událostí,
 $n \sum$ počet všech možných událostí za dobu existence systému.

Statistická veličina četnost rizika se vyjádří:

$$\gamma_r = \frac{\sum_{i=1}^m n_i}{t}, \quad (4.1.4)$$

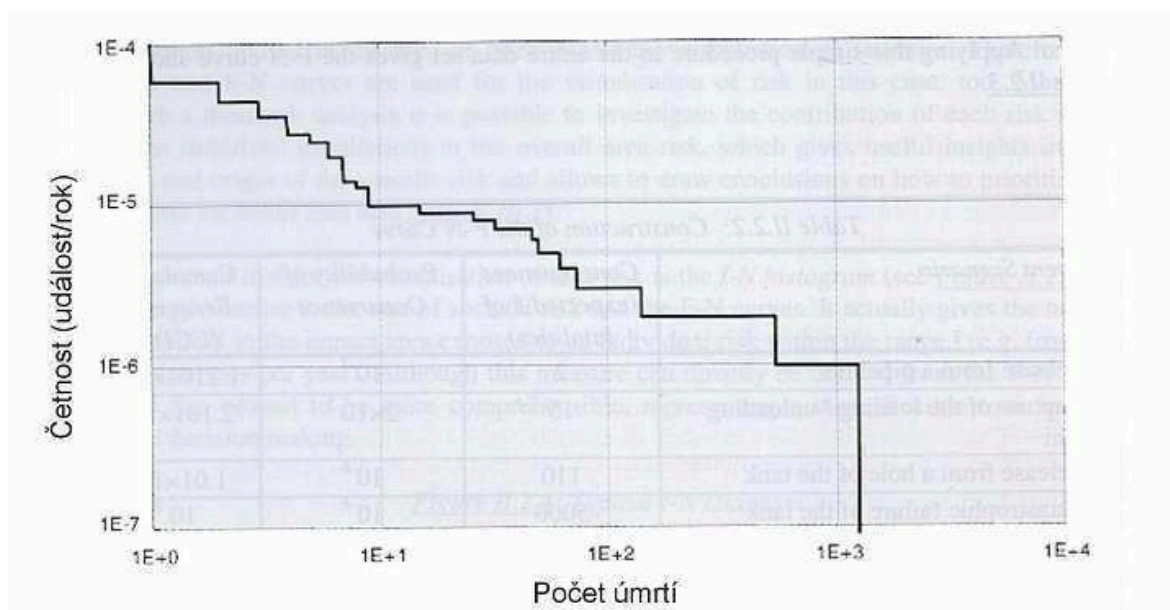
kde je n_i součet vyskytujících se dílčích rizik za časovou jednotku,
 t zvolený časový interval (rok, měsíc, den).

Na riziko lze nahlížet i z pohledu, zda se jedná o individuální nebo společenské (skupinové). Grafické znázornění individuálního rizika je patrné z obr. 4.1.1.



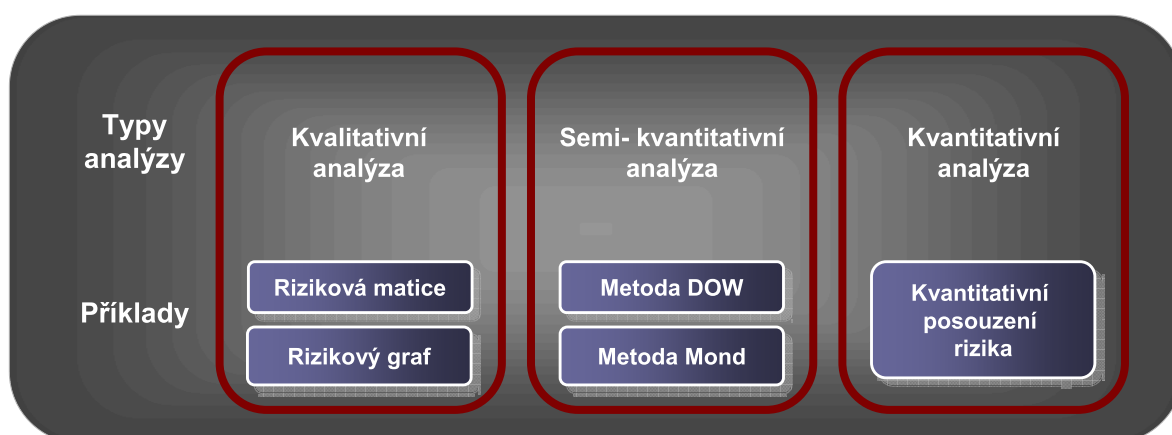
Obr. 4.1.1 Individuální riziko [28]

Společenské riziko představuje rozsah následků možných mimořádných událostí a je zobrazeno pomocí křivek frekvence a následků událostí na obr. 4.1.2.



Obr. 4.1.2 Společenské riziko [28]

Obecně lze riziko měřit a posuzovat z pohledu stupně podrobnosti nebo kvantitativního a kvalitativního posouzení. Dle stupně podrobnosti lze uvažovat srovnávací metody, analytické metody založené na deterministickém nebo pravděpodobnostním přístupu. Posouzení rizika dle jeho kvantifikace je uvedeno na obr. 4.1.3.



Obr. 4.1.3 Možnosti měření rizik [upraveno podle 42]

Mezi nejjednodušší posouzení rizik patří kvalitativní posouzení rizik, kde experti využívají rizikových matic případně grafů. Matice představují jednoduchý nástroj, který je velmi často využíván při posuzování rizik jako základní metodika i ve společnostech

korporátního charakteru. Matice pracuje se dvěma výše zmíněnými parametry rizika, a to pravděpodobností a závažností. Pravděpodobnost se posuzuje na škále od zanedbatelných rizik do rizik extrémně vysokých a závažnost od malé po velkou až závažnou.

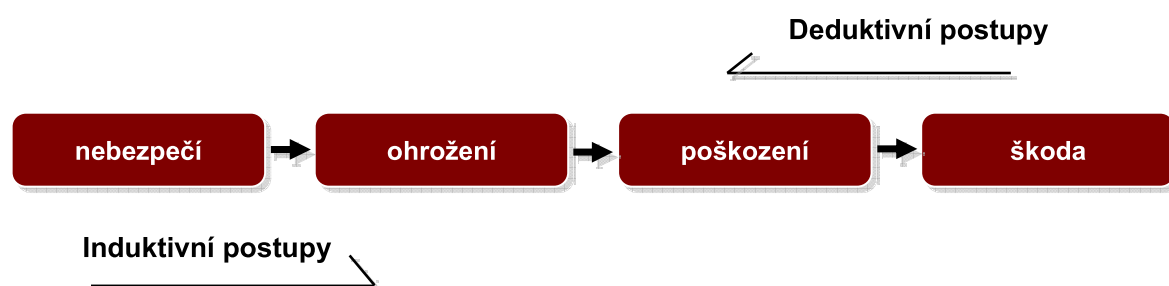
V praxi hojně využívaným nástrojem je i použití semikvantitativních metod posouzení rizik. Existuje řada metod pracujících na tomto principu.

Kvantitativní posouzení rizik pracuje s kritérii výše popsaných individuálních a skupinových rizik. Individuální riziko se posuzuje v souladu s:

- individuálním rizikem závislým na místě havárie,
- rizikem zranitelných osob,
- rizikem nejvíce exponovaných osob za rok,
- průměrným rizikem exponovaných osob,
- průměrným rizikem populace.

Samotný risk management je jedním ze základních typů managementu [80]. Podobně jako v jiných oblastech má management celou řadu specializací, mezi které patří například z pohledu řešené problematiky management krizového řízení. Samotným obsahem risk managementu je řízení rizik.

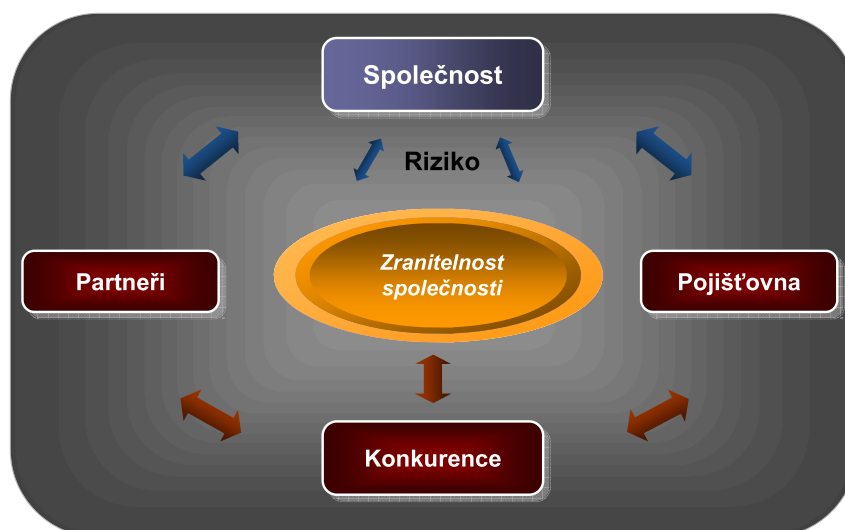
Riziko slouží ke kvantifikaci kauzální závislosti. Každý systém má určitý stupeň nedokonalosti, tzn. že existuje ohrožení, které není možné na dnešním stupni poznání odstranit a riziko, které je definováno akceptovatelnou hranicí [55]. Všechny metody sloužící k posuzování rizik jsou založeny na kauzální závislosti. Tato existuje v konkrétním čase a prostoru. Závislost je zobrazena na obr. 4.1.4.



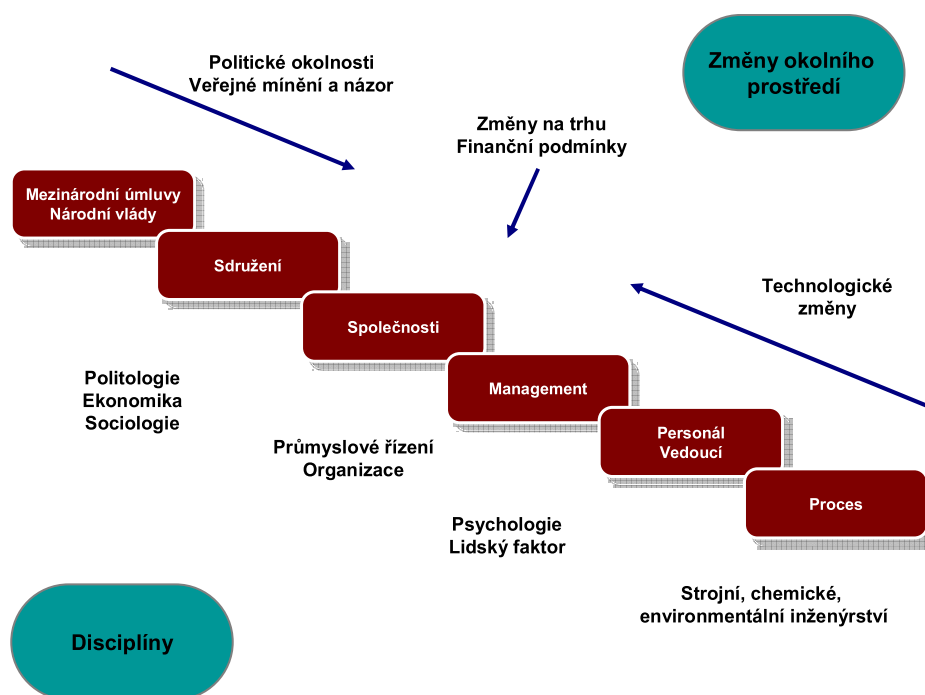
Obr. 4.1.4 Kauzální závislost [54]

Řízení rizik je ovlivněno mnoha faktory [15] včetně těch z vnějšího i vnitřního prostředí, tak jak je uvedeno na obr. 4.1.5. a 4.1.6.

Risk management & Společnost



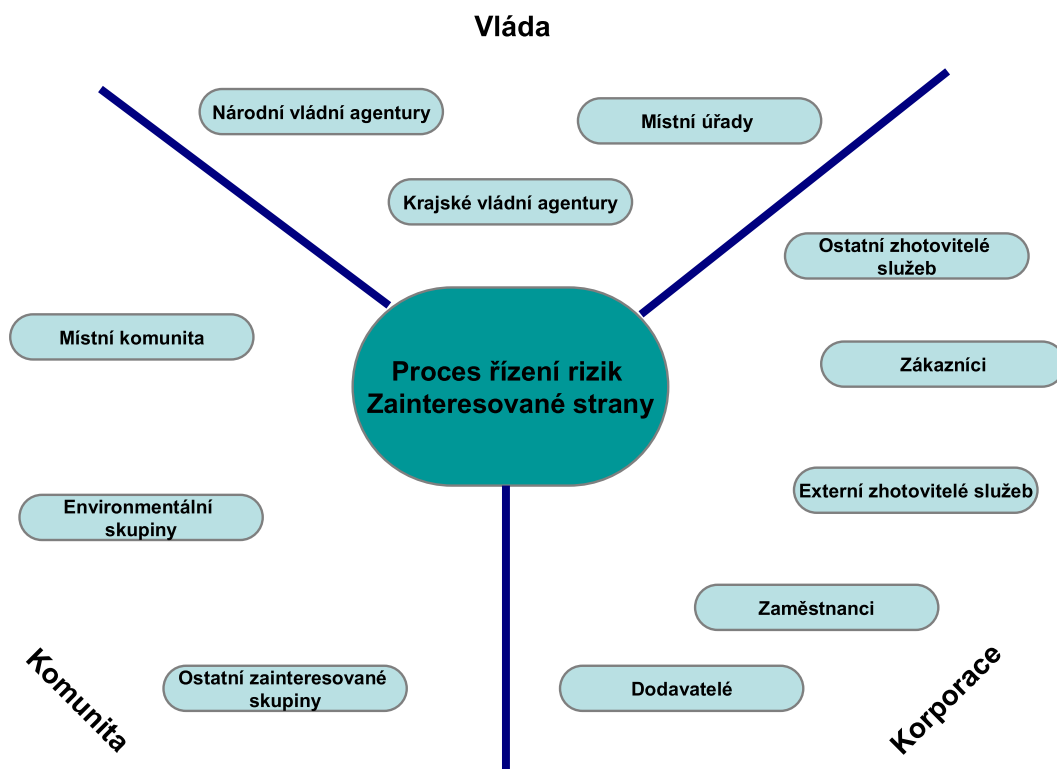
Obr. 4.1.5 Ovlivňující faktory vnějšího prostředí pro řízení rizik [upraveno podle 3]



Obr. 4.1.6 Ovlivňující faktory vnějšího a vnitřního prostředí pro řízení rizik [upraveno podle 42]

Efektivní řízení rizik společnosti vysoce ovlivňuje i zainteresované strany vnějšího prostředí. Proces řízení rizik zajišťuje kontinuální diskuzi těchto subjektů. Jedná se především o následující skupiny patrné z obr. 4.1.7:

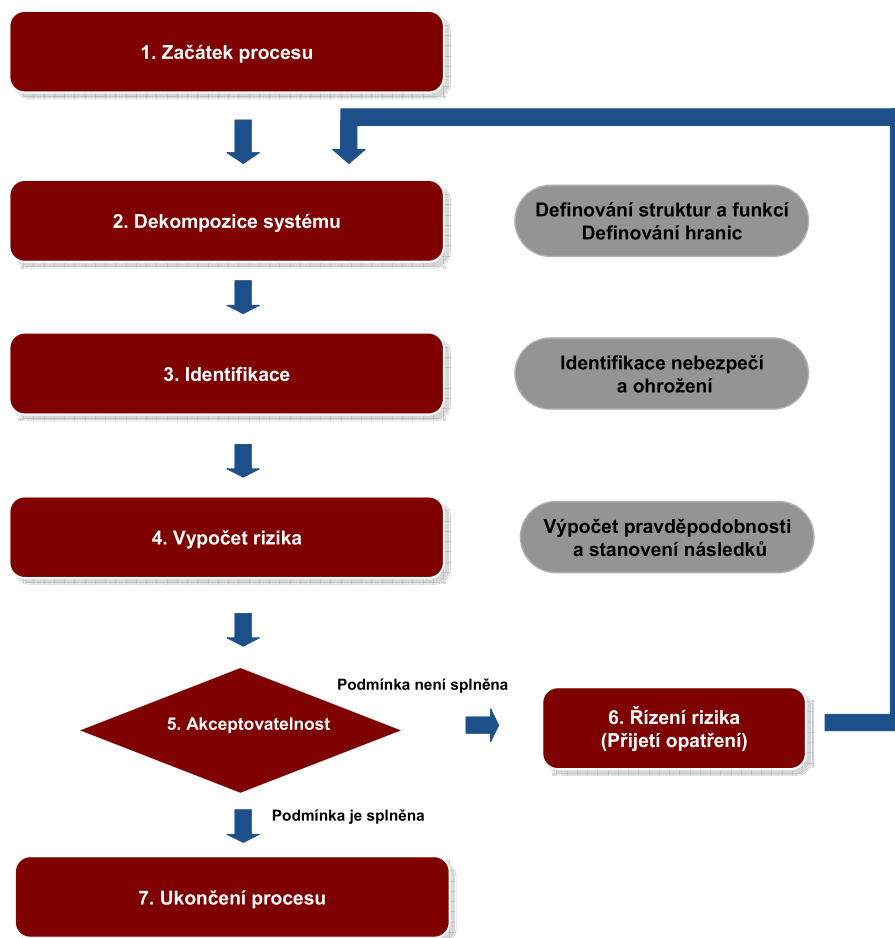
- korporace,
- vláda,
- místní komunita.



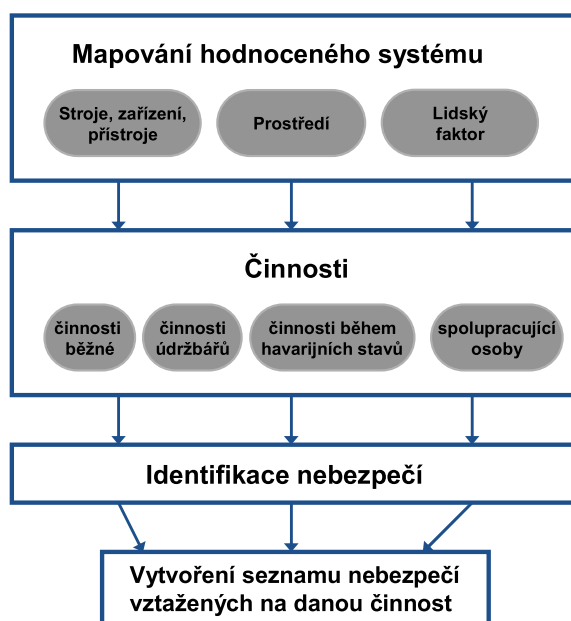
Obr. 4.1.7 Základní zainteresované strany řízení rizik v podniku [upraveno podle 42]

Základní strukturu procesu posuzování rizik zobrazuje obr. 4.1.8. Management podnikového rizika, jak je popsán výše, je často označován jako “Enterprise risk management (ERM)“. Součástí řízení rizik společnosti je i tzv. management rizik základního jmění, “Asset risk management (ARM)“. Hlavní rozdíl mezi ERM a ARM je oblast a rozsah řízených rizik.

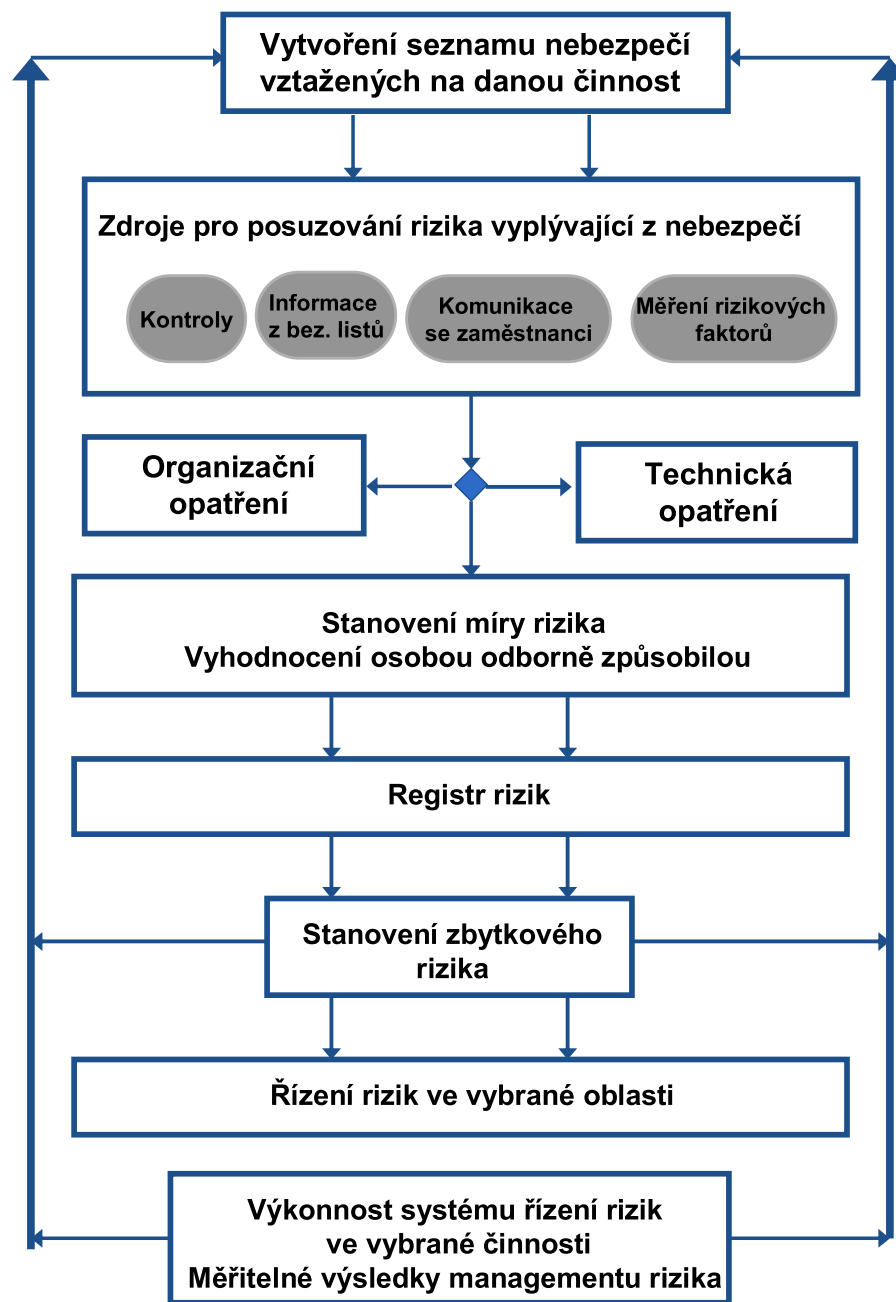
Z pohledu zajištění bezpečnosti a ochrany zdraví při práci [56, 66] je proces řízení pracovních rizik obsahem obr. 4.1.9 a 4.1.10.



Obr. 4.1.8 Proces posuzování rizik [upraveno podle 55]



Obr. 4.1.9 Proces řízení rizik v oblasti BOZP – fáze 1 [upraveno podle 5, 7]



Obr. 4.1.10 Proces řízení rizik v oblasti BOZP – fáze 2 [upraveno podle 5, 7]

V níže uvedeném textu jsou jednotlivé fáze procesu řízení rizik blíže popsány.

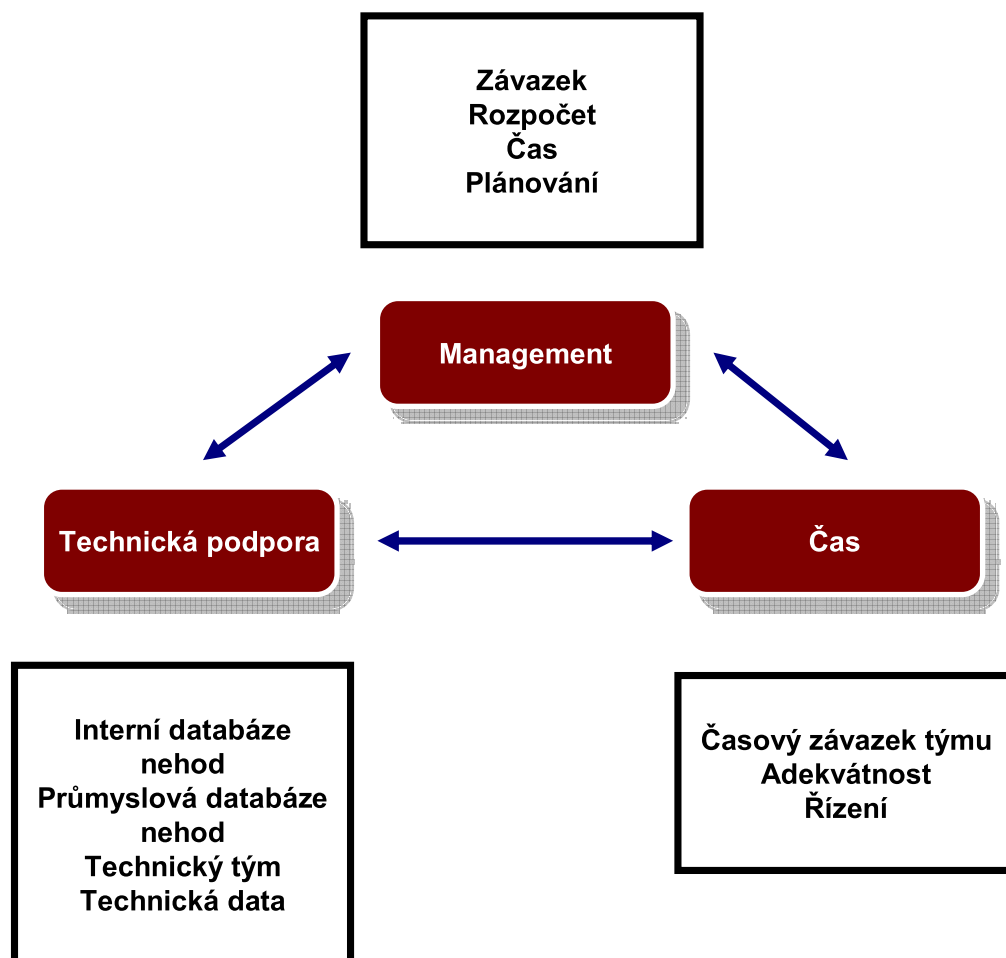
4.1.2 Identifikace nebezpečí a analýza rizik

Identifikace nebezpečí a analýza rizik jsou nejdůležitější součástí řízení provozních rizik ve společnosti. Potřeba kvalitního posouzení nebezpečí případných havárií se v průběhu historie zvyšovala zejména s ohledem na vzniklé havárie v průmyslových oblastech. Pro tyto havárie bylo v minulosti typické, že nebezpečí jejich vzniku nebylo vůbec

analyzováno v rámci procesu posouzení rizik nebo management společnosti toto identifikované nebezpečí nebral v úvahu.

Pro identifikaci nebezpečí jsou typicky společné následující parametry, tak je uvedeno na obr. 4.1.11:

- čas,
- technická podpora,
- management.



Obr. 4.1.11 Společné parametry identifikace nebezpečí [upraveno podle 42]

Systematické posouzení rizik včetně identifikace nebezpečí potřebuje určitý čas vyžadující mezioborovou spolupráci expertů vedených zkušeným specialistou z oblasti řízení procesních průmyslových rizik. Podstatnou součástí je přípravná fáze identifikace nebezpečí, ve které experti provádějí výzkum v oblasti výměny zkušeností uvedených v literárních zdrojích a databázových programech.

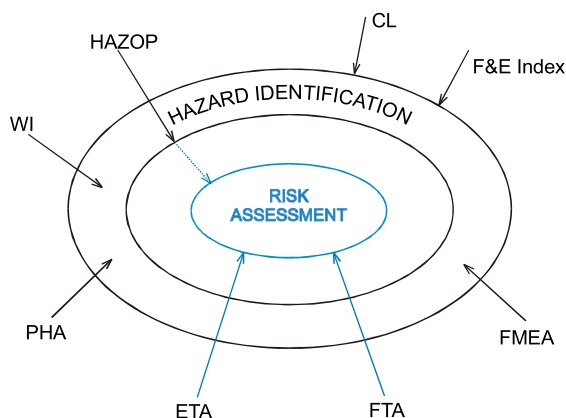
Parametrem identifikace nebezpečí jsou i prostředky technické podpory, kdy se jedná především o:

- databázi skoronehod a havárií z historie daného posuzovaného provozního celku,
- informace o skoronehodách a reálných haváriích z dostupných literárních zdrojů,
- informace o reálných haváriích z prostředí podobného provozního celku,
- zkušenosti expertů z oblasti projekce, provozních pracovníků a bezpečnostních specialistů,
- další prostředky technické podpory.

Zapojení managementu je velmi důležité pro úspěšné celkové posouzení vzniku možné havárie.

4.1.3 Výběr vhodných metod analýzy rizik

V průběhu historického vývoje v oblasti posuzování nebezpečí a analýzy pracovních rizik vznikla řada metod k tomuto účelu. V průmyslově vyspělých zemích se používá více než desítka metod. Nacházejí uplatnění nejen při posuzování bezpečnosti chemického procesu, ale jsou používány také v potravinářském průmyslu, farmacii a v jiných výrobních procesech, které mohou být zdrojem rizika [7, 8]. Přehled základních metod k identifikaci nebezpečí a analýze rizika je uveden na obr. 4.1.12.



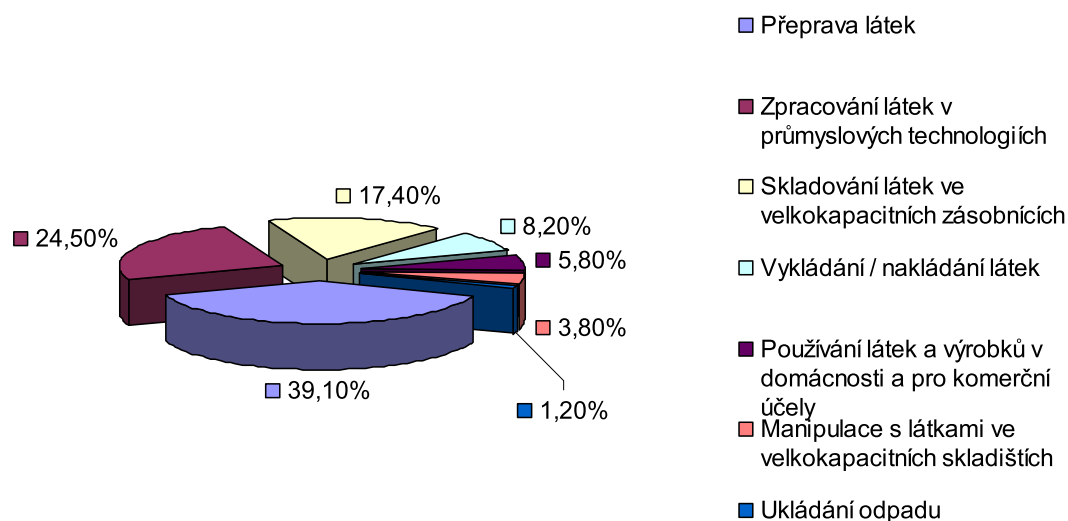
Obr. 4.1.12 Souhrn metod pro posuzování nebezpečí a analýzu rizika [5]

Mezi možné přístupy k vyhodnocení průmyslových rizik patří [3]:

- workshopy a semináře s využitím metody brainstorming,
- pohovory s klíčovými zaměstnanci, popř. specialisty,
- porovnání s jinými závody nebo ostatními společnostmi,
- výzkum a analýza,
- audit a testy efektivnosti řízení.

Oblíbenou a velmi využívanou metodou se stala identifikace ohrožení komparativní analýzou. V praxi to znamená zejména posouzení mimořádných událostí, které v minulosti nastaly, využití databází vzniklých incidentů a analýza jejich statistiky.

V současné době existuje celá řada databází vzniklých havárií a jejich statistik, jako je např. zpracovaná statistika [68], která pokrývá období od 1900 do 1992 a diskutuje celkem 5325 průmyslových havárií. Uvádí ji obr 4.1.13.



Obr. 4.1.13 Statistika havárií v procesním průmyslu [upraveno podle 68]

4.1.4 Další fáze procesu řízení rizik

Hlášení neboli reportování rizik představuje důležitý krok napříč celou společností, tzn.:

- představenstvo společnosti,
- organizační jednotky,
- jednotlivci.

Součástí reportování rizik je předávání informací o rizicích i externím subjektům, kteří jsou zařazeni do zainteresovaných stran. Jedná se především o následující informace [3]:

- politika řízení rizik,
- efektivita dosahování stanovených cílů.

Řízení rizik zahrnuje proces správného výběru opatření, jejichž cílem je minimalizovat rizika, tedy snížení úrovně vyhodnocených rizik s cílem:

- zajištění efektivity strategického řízení organizace,
- zajištění souladu s legislativními akty řízení.

Při stanovování opatření je nutné vždy vyhodnotit jeho nákladnost a ekonomický dopad v případě jeho nezavedení. Financování rizik se provádí pomocí pojištění.

Při procesu řízení rizik se experti setkávají i s tzv. zbytkovými neboli neodstranitelnými riziky, které ani při aplikaci opatření není možné odstranit a je nutné je brát v úvahu při financování rizika.

Závěrečnou fází procesu řízení rizik je měření a monitorování celého procesu hodnocení rizik a stanovení opatření. Cílem této fáze je:

- zjištění správnosti určených a vyhodnocených rizik,
- zjištění účelnosti přijatých opatření.

4.1.5 Řízení rizik základního jmění

Průmyslové podniky využívají jeden z uvedených systémů řízení rizik, a to “Asset risk management (ARM)”, který se zaměřuje na oblast hmotných aktiv, která jsou v rámci celkových aktiv společností dominantní [58]. Jedná se především o:

- budovy,
- technická a technologická zařízení,
- agregáty,
- nářadí,
- informace.

Všechna tato aktiva je nutná chránit před jejich výpadky z důvodu mimořádných událostí, a sice před:

- antropogenními událostmi – požár, výbuch, teroristická činnost, politické nepokoje,
- přírodními událostmi – povodně, zemětřesení, tsunami.

Důsledky výše zmíněných mimořádných událostí na podnikový majetek jsou součástí řešení managementu rizik základního jmění.

Celkově by politika ARM měla být plněna s cílem zajistit prevenci průmyslových havárií a nehod a omezit nepříznivé následky na lidský život a zdraví, technická a technologická zařízení a průmyslové agregáty. Hlavním cílem této politiky je:

- minimální ztráty ve výrobě,
- neustálý rozvoj BOZP,
- zlepšení pracovních a zdravotních podmínek,
- zajištění udržitelného rozvoje v souladu s poznatky vědy a techniky v ochraně majetku.

Trendem moderních společností zejména s průmyslovým zaměřením je mít sjednané pojištění majetku a škodách na něm u velkých nadnárodních pojišťoven. Tyto pojišťovny

si často sjednávají poradenské konzultační firmy, které provádějí pravidelné prohlídky zařízení pojištěnců. Cílem těchto prohlídek je uložit připomínky. Poradenská firma zjišťuje stav ochrany majetku základního jmění, jak po stránce požární ochrany, údržby, náhradních dílů a přerušení technologického procesu (např. výpadek výroby po dobu dodací lhůty některého dílu), tak po stránce zapojení managementu do procesu zvyšování ochrany majetku. Na základě těchto zjištění vydávají tyto konzultační firmy doporučení ke zlepšení stavu. Tyto by měly být plněny pouze za předpokladu, že nejsou porušovány povinnosti a požadavky národních aktů řízení.

4.1.6 Identifikace nebezpečí v procesu analýzy rizik v oblasti ARM

V souvislosti s řešenou problematikou týkající se ochrany majetku základního jmění je v následujícím textu představena metoda posouzení rizik využívaná v této oblasti.

Proces identifikace možných nebezpečí musí být vhodný, finančně efektivní pro organizaci, pracovní činnosti a výrobní program. Použitím více metod k identifikaci nebezpečí lze dosáhnout porovnatelných a efektivních výsledků. Obecně by tyto metody měly identifikovat stávající a nahodilá nebezpečí [58].

Metody by měly zahrnovat následující:

- záznamy z kontrol provedených státními úřady a institucemi,
- závěrečné zprávy z externích a interních auditů,
- záznamy o pracovních úrazech,
- předešlou zpracovanou analýzu rizik, registr rizik,
- stížnosti zákazníků,
- směrodatná data pojišťoven,
- dotazníky zaměstnanců,
- závěrečné výstupy z metody brainstormingu,
- mnohé další.

Proces identifikace nebezpečí je neustálý proces s cílem optimálně a adekvátně reflektovat rizika organizace, pracovních činností a výrobního programu.

V průběhu tohoto procesu je nutné provádět kontroly a zpětné vazby již vyhodnocených rizik s cílem zjištění, zda jsou stále relevantní.

V oblasti ARM je tento proces ve většině případů prováděn externími konzultantskými firmami se zachováním nutnosti provedení tohoto procesu se zaměstnanci na konkrétním pracovišti.

Cílem dobře provedené identifikace nebezpečí je [58]:

- identifikace všech zdrojů možných nejistot,
- identifikace možných hrozeb.

Identifikace rizik musí vzít v úvahu „gross“ a „net“ rizika, tedy [58]:

- gross – dopad a pravděpodobnost rizika před provedením kontroly,
- net – dopad a pravděpodobnost rizika po provedení kontroly.

Následným krokem po provedení první fáze identifikace možných nebezpečí je analýza rizik. Posouzení rizik zahrnuje stanovení a porozumění následkům, pravděpodobnosti a ostatním atributům rizika. Toto obsahuje stanovení úrovně rizika a vlastnictví rizika při vzetí v úvahu stávajících kontrol včetně jejich adekvátnosti a účinnosti. Analýza by měla zahrnout veškeré následky působení rizik.

Událost nebo sled náhod mohou vyvolat rozličné následky a ovlivnit řadu cílů.

Způsob, jakým jsou pravděpodobnost a následky vyjádřeny, a způsob jakým jsou kombinovány k určení hodnoty rizika, se liší podle typu rizika a účelu, pro který budou výsledky u provedené analýzy rizik využity.

Součástí posouzení rizika jsou i rizika zbytková, tedy ta, která zůstávají po implementaci navržených opatření k minimalizaci rizika. Pro organizaci je rovněž velice důležité získat informace o inherentní míře rizika.

4.1.7 Reportování v systému ARM

Kapitola se zabývá rozborem zpráv, které se používají v procesu řízení rizika základního jmění a slouží jako podpůrný nástroj pro rozhodování.

Jedná se o světově uznávaný systém reportingu zaměřený na specifické provádění auditů na pracovištích. Nadnárodní společnosti využívají těchto zpráv jako nástroje, který slouží jako porovnávací hledisko k pojistnému plnění světových pojišťoven.

V rámci reportingu v diskutované oblasti se používá následujících pět zpráv [58]:

- Zpráva o stavu základního jmění,
- Zpráva o předcházení ztrátám,
- Zpráva o zhodnocení zranitelnosti,
- Zpráva o očekávaných ztrátách,
- Zpráva o pravděpodobných velkých ztrátách.

Tyto zprávy umožňují sumarizovat provozní typy průmyslových operací v každé posuzované jednotce, vyvinout doporučení pro identifikaci možných zlepšení potřebných k dosažení benchmarku s ostatními organizacemi stejného nebo podobného výrobního zaměření, stanovit kvantifikovatelnou hodnotu rizika, určit mapu rizik v závislosti na národních legislativních požadavcích a stanovit metodiku k docílení investic zaměřených na zvyšování konkurenční výhody, cash – flow a redukování totálních nákladů. Obecně je tento systém zpráv využitelný v podnicích průmyslového zaměření, korporátního typu

s možností porovnání dosažených výsledků s jinými společnostmi dané uvažované korporace.

V níže uvedeném textu jsou jednotlivé zprávy popsány.

4.1.8 Zpráva o stavu základního jmění

Tato zpráva je určena a využívána odděleními zabývajícími se pojistnými událostmi. Účelem této zprávy je popis provozních průmyslových operací v uvažovaném podniku. Soupis průmyslových operací je nutný z důvodu posouzení možností vzniků mimořádných událostí jako je např. požár, výbuch apod.

Zpráva se skládá z následujících částí:

- účel zprávy,
- popis provozních oblastí uvažovaného podniku,
- umístění z pohledu topografického, klimatického,
- situování z pohledu polohy okolních budov, technických a technologických zařízení,
- popis konstrukcí a vybavení:
 - rozdělení uvažovaných pracovišť do požárních úseků,
 - popis konstrukčních prvků, použité stavební materiály,
 - provozní podmínky z pohledu počtu zaměstnanců, směnnosti, roční kapacity,
 - popis výrobních operací se zaměřením na suroviny, uskladnění, koncové produkty,
- plánované investice z pohledu možného rozšiřování a změny v technologii,
- zhodnocení rizik:
 - popis výrobního cyklu z pohledu možných procesních nebezpečí,
 - identifikace možných nebezpečí včetně posouzení stávajících opatření,
 - vybavení z pohledu jejich umístění, záložního systému, možnosti obnovy, obnovy po mimořádné události:
 - energie elektrická a plyn,
 - zajištění dodávek vody,
 - kotle,
 - kompresory,
 - odpadní hospodářství,
 - zařízení pro zpracování dat,
 - systémy požární ochrany:
 - automatická sprinklerová ochrana,
 - automatické zaplavovací zařízení,
 - plynné hasicí systémy,

- systém kouřových detektorů,
 - ostatní systémy hašení,
- systémy pro zajištění hašení požáru [9]:
 - vybavení ručními hasicími přístroji,
 - interní Hasičský záchranný sbor,
 - externí Hasičský záchranný sbor,
 - dodávka vody,
- programy managementu:
 - zhodnocení nebezpečí,
 - havarijní připravenost,
 - management změn,
 - project management,
 - environmentální management,
 - školení,
- havárie zařízení:
 - systém údržby,
 - pravidelné inspekce, kontroly a revize,
 - elektrická údržba,
 - údržba mechanických částí technických a technologických zařízení,
- přírodní nebezpečí z pohledu možnosti vzniku záplav, bouří, zemětřesení,
- antropogenní nebezpečí z pohledu možnosti teroristických útoků, krádeží se zaměřením na oblast radiační ochrany,
- ostraha pracovišť,
- možné ztráty,
- přerušení výroby,
- maximální možná hodnota ztrát.

4.1.9 Zpráva o předcházení ztrátám

Tato zpráva obsahuje informace o doporučeních vyplývajících z provedeného auditu na pracovišti uvažovaného podniku. Doporučení jsou zde prezentovány s cílem zhodnocení základního jmění a ochrany rozhodujících faktorů společnosti. Zpráva obsahuje následující údaje:

- úvod,
- řešení předešlých doporučení z minulých provedených auditů u společnosti,
- projekty,
- návrhy ke snížení úrovně rizika u analyzovaných objektů:
 - doporučení z pohledu možnosti zvýšení úrovně kvality údržby, managementu změny apod.,

- doporučení z pohledu zvýšení úrovně zabezpečení objektů technickým způsobem,
- doporučení ke specifickým zařízením.

4.1.10 Zpráva o zhodnocení zranitelnosti

Na základě výstupů z hodnocení konzultantských společností se určuje tzv. zranitelnost podniku. Jedná se o interní kritérium společnosti, která se uvažuje při zpracování případové studie v práci. Toto interní kritérium se určuje na základě celkového vyhodnocení všech posuzovaných faktorů. Zranitelnost slouží jako možná porovnávací základna mezi společnostmi stejného nebo podobného předmětu podnikání.

Zranitelnost podniku lze popsat jako náchylnost k porušení zařízení nebo útoku, které se projeví. V souvislosti s nebezpečími a živelnými pohromami je zranitelnost koncept, který spojuje provozní bezpečnost, management a požární ochranu spolu s obchodním modelem a rozpočtem entit.

Není možné zjistit předem, jestli dojde k nehodě na technickém nebo technologickém zařízení ani jak velký rozsah této mimořádné události bude. Procesem zjištění zranitelnosti daného podniku je možné reálně změřit určité parametry, které jsou specifické průmyslovým společnostem za účelem zhodnocení, zda se nehody mohou stát a jak zranitelná je každá jednotka daného podniku vůči riziku vzniku mimořádné události.

Zranitelnost podniku je dána jeho schopností ochránit svá hmotná aktiva před vznikem a působením mimořádných událostí. V souladu s tímto tvrzením společnosti investují finanční prostředky ke zlepšení oblastí provozní bezpečnosti, požární ochrany a svého managementu.

Zranitelnost lze vyčíslit procentuálně, tzn. čím větší hodnota zranitelnosti, tím větší je riziko vzniku mimořádné události a tím je větší pravděpodobnost přerušení výroby a technologických procesů z důvodu působení nepříznivých rizikových faktorů.

Pro zhodnocení možné zranitelnosti podniku je nutné posoudit konkrétní rizikové faktory, které se dělí do třech oblastí:

- management,
- provozní bezpečnost,
- požární ochrana.

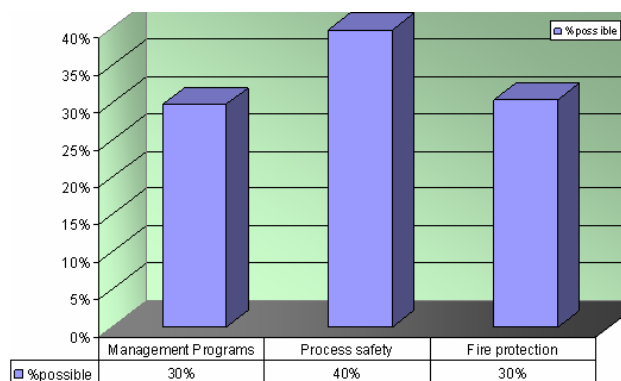
Pro zhodnocení zranitelnosti je využito konceptu mezinárodního standardu OSHA 1910. 119 “Process Safety management“ [60].

Níže jsou uvedeny základní principy stanovení zranitelnosti.

Celkové hodnocení se skládá z výše uvedených třech částí s počtem 100 bodů:

- management – 30 bodů,
- provozní bezpečnost – 40 bodů,
- požární ochrana – 30 bodů.

Grafické znázornění základního bodového hodnocení je uvedeno na obr. 4.1.14.



Obr. 4.1.14 Bodové hodnocení pro stanovení zranitelnosti v procesu ARM

Zpráva o zhodnocení zranitelnosti obsahuje:

- hodnocení,
- výsledky z oblasti managementu,
- výsledky z oblasti provozní bezpečnosti,
- výsledky z oblasti požární ochrany.

Z jednotlivých třech oblastí jsou hodnoceny ty, co jsou uvedeny v následující tab. 4.1.1.

Tab. 4.1.1 Přehled hodnocených faktorů

Management (Řízení)	Provozní bezpečnost	Požární ochrana
Aktivita managementu v ARM	Úroveň algoritmu řízení	Prohlídky na místě
Posouzení projektu	Elektrické rozvody	Zákaz kouření
Povolení pro práci	Elektrické rozvodny	Hospodaření
Ochrana objektu (ostraha)	Provozní podmínky (tlak, teplota, vibrace)	Systémy požární ochrany a kontroly
Posouzení nebezpečí	Chladicí systémy	Externí JPO
Údržba	Lubrikační / Hydraulické systémy	Automatická požární ochrana
Havarijní plánování	Mechanická bezpečnost	Dodávka vody
Přerušení podnikatelské činnosti	Doprava	Rozvod vody
Externí firmy	Skládování	Požární detekce
Školení	Únik kapaliny / plynu	Ruční hasicí přístroje
Řízení změn	Nebezpečí výbuchu a požáru	Interní JPO
Přírodní události	Požární zatížení	Konstrukce
	Náhradní součásti	Kanalizace
	Kontaminace	

Jednotlivé faktory jsou separátně hodnoceny podle specifických kritérií včetně bodového hodnocení. Každý posuzovaný faktor nese jinou bodovou škálu. Pro ukázkou je zde uvedeno hodnocení faktoru školení z oblasti řízení v následující tab. 4.1.2.

Tab. 4.1.2 Kritéria hodnocení posuzovaného faktoru školení (úrovně)

Posuzovaná kritéria
<p>Velmi dobrá úroveň školení a předávání informací</p> <p>Školení a předávání informací pro zaměstnance je plně v souladu s nejlepšími praktikami bez nutnosti zlepšení.</p> <p>V podniku je zaveden systém školení včetně plánu zapracování a plánů nástupnictví.</p> <p>Pravidelné prověrky platnosti systému školení jsou prováděny spolu s řádným vedením dokumentace.</p>
<p>Dobrá úroveň školení a předávání informací</p> <p>Školení a předávání informací pro zaměstnance je dostatečné v souladu s nejlepšími praktikami bez nutnosti zlepšení.</p> <p>V podniku je zaveden dostatečný systém školení.</p>
<p>Omezená úroveň školení a předávání informací</p> <p>Školení a předávání informací pro zaměstnance není dostatečné, není v souladu s nejlepšími praktikami. Jsou podány návrhy na zlepšení.</p> <p>Školení jsou prováděna pouze formálním způsobem.</p>
Nedostatečná úroveň školení a předávání informací

4.1.11 Zpráva o očekávaných ztrátách

Proces řízení rizik využívá principů kvantifikace rizika a ocenění rizika s možným využitím aktuálních požadavků a incidentů s cílem získat aktuální data nebo s využitím scénářů, které jsou realistické a proveditelné.

Zpráva o očekávaných ztrátách je využívána experty k vytvoření možných scénářů a stanovení možných finančních odhadů spojených s přerušením výroby a tím související obchodní činnosti a škody vzniklé v důsledku mimořádné události na technických a technologických zařízeních. Cílem této zprávy je stanovit transparentnost rizika a efektivnost nákladů na odstranění uložených připomínek ze strany externího auditu.

Expertí pracují s parametrem tzv. Normal Loss Expectancy (NLE), tedy odhadem finančních ztrát, které jsou očekávané za normálních podmínek a s uvážením, že stávající ochrana a ochranná opatření jsou funkční.

4.1.12 Zpráva o pravděpodobných velkých ztrátách

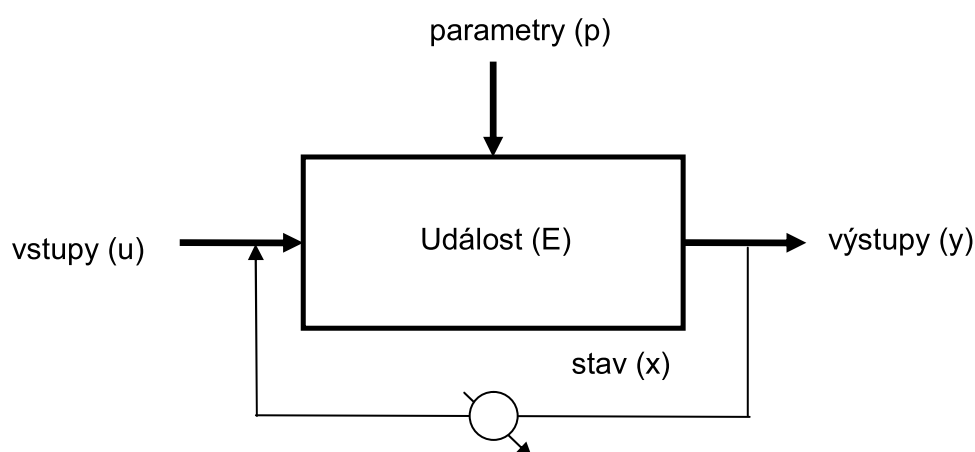
Tato zpráva umožňuje celkový přehled typických problémů týkající se pojištění. Rovněž tato práce kategorizuje rizika v závislosti na zjištěních z provedeného externího auditu.

Experti zde pracují s parametrem tzv. Probable Maximum Loss (PML), tedy odhadem finančních ztrát s uvážením, že existující ochrana a ochranná opatření jsou poškozená.

4.2 Modelování průmyslových havárií

4.2.1 Model havárie

U modelovaných havárií [11], které se identifikují u zpracované analýzy rizik, se definuje událost jako akce nebo děj, který způsobí nerovnováhu modelovaného systému. Nejčastěji je událostí lidské konání, externalita nebo výkon zařízení. Popis události pro potřeby modelování havárie je zobrazen na obr. 4.2.1 a zahrnuje u vstupní údaje, p parametry, y výstupní údaje, t čas, E událost a x stavy události.



Obr. 4.2.1 Model mimořádné události

Událost lze zapsat rovnicí

$$y = E(u, p, t), \quad (4.2.1)$$

kdy pro potřeby modelování havárií se zavádí model události

$$y^M = M(u, p, t). \quad (4.2.2)$$

Model představuje abstraktní pohled experta, který skutečnou událost idealizuje pro potřeby praktického modelování. Použitím modelu události nebo také celé havárie vzniká chyba, která je v jednom časovém okamžiku

$$e = |y^M - y|,$$

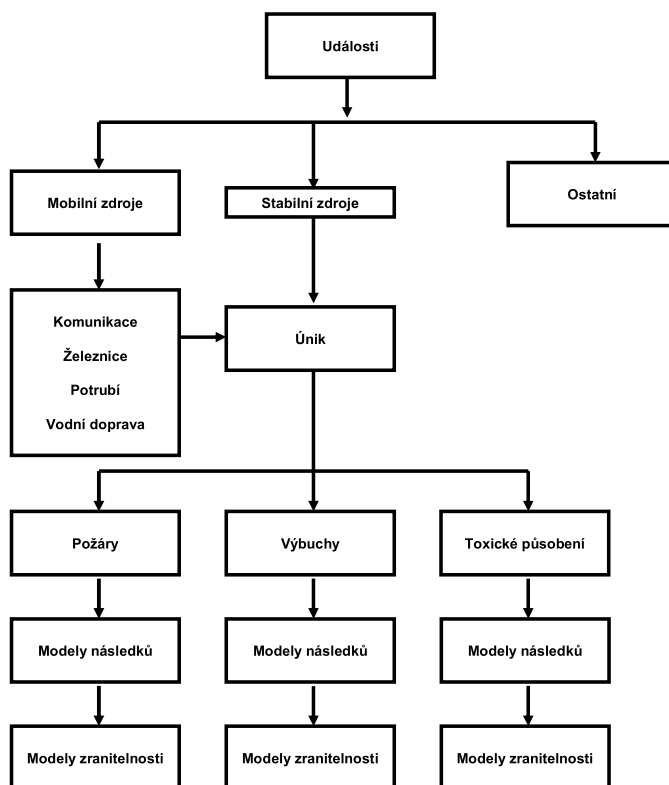
a záleží na podrobnosti modelu a nejistotách vstupních informací. Incident I je jedna nebo více událostí $E_i (i = 1, \dots, n)$, které mají negativní následky na bezpečnost. U modelovaných mimořádných událostí je to únik látek do okolí v důsledku ztráty celistvosti a soudržnosti zařízení. Při modelování mimořádných událostí se vytváří více scénářů, které se dále používají při hodnocení následků mimořádné události. Scénáře mohou být zaměřeny na konkrétní dopady jako jsou lidské ztráty, environmentální škody, ztráty na majetku apod. Scénáře však častěji zahrnují více dopadů.

Následující tab. 4.2.1. zobrazuje rozdělení mimořádných událostí spolu s možným fyzikálním efektem a možnými následky na lidskou populaci.

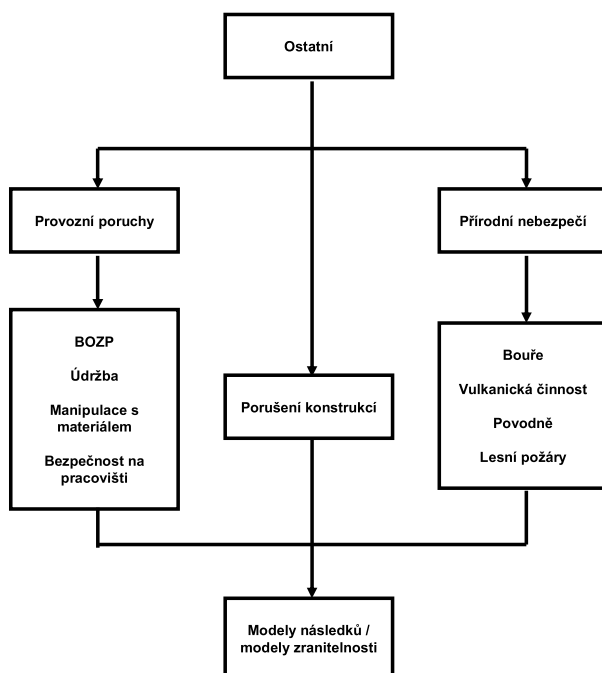
Tab. 4.2.1 Rozdělení mimořádných událostí s fyzikálními efekty a následky [54, 42]

Událost	Fyzikální efekt	Dopad na lidskou populaci	Dopad na životní prostředí
Flash fire	1. Intenzita tepelného toku 2. Změna tlakových poměrů	Smrtelný úraz	Dopad mimo objekt vyžadující finanční prostředky
		Nezvratné zdravotní dopady uvnitř objektu	
		Zvratné zdravotní dopady mimo objekt	
Pool fire	1. Intenzita tepelného toku 2. Kouř	Úraz vedoucí k hospitalizaci delší než 24 hodin	Závažné dopady na okolní životní prostředí vyžadující místní síly a prostředky
Jet fire	1. Intenzita tepelného toku (v poli tryskajícího plamene a těsné blízkosti)	Úraz vedoucí k hospitalizaci delší než 24 hodin	Závažné dopady na okolní životní prostředí vyžadující místní síly a prostředky
B.L.E.V.E	1. Intenzita tepelného toku fireball 2. Změna tlakových poměrů	Smrtelný úraz	Nezvratné dopady na okolní životní prostředí vyžadující finanční prostředky
		Nezvratné zdravotní dopady mimo objekt	
V.C.E. U.V.C.E.	1. Změny tlaku 2. Pohybující se úlomky	Smrtelný úraz	Dopad mimo objekt vyžadující finanční prostředky
		Nezvratné zdravotní dopady uvnitř objektu	
		Zvratné zdravotní dopady mimo objekt	
Boil over	1. Kapalina se vylije ze zásobníku 2. Intenzita tepelného toku	Smrtelný úraz	Dopad mimo objekt vyžadující finanční prostředky
		Nezvratné zdravotní dopady uvnitř objektu	
		Zvratné zdravotní dopady mimo objekt	
Toxický únik (látka kapalného, plynného skupenství)	1. Toxický oblak v příslušné vzdálenosti	Smrtelný úraz	Dopad mimo objekt vyžadující finanční prostředky
		Nezvratné zdravotní dopady uvnitř objektu	
		Zvratné zdravotní dopady mimo objekt	

Rozdělení modelů mimořádných událostí v průmyslových podnicích je obsahem obr. 4.2.2 a 4.2.3 [42, 44, 54].



Obr. 4.2.2 Modely mimořádných událostí [upraveno podle 42]



Obr. 4.2.3 Modely mimořádných událostí – ostatní [upraveno podle 42]

4.2.2 Modelování průmyslových havárií

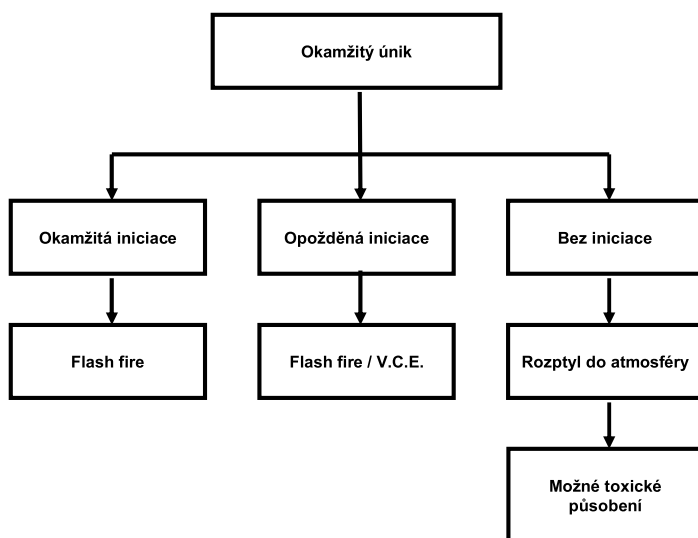
Mezi základní příčiny průmyslových havárií patří úniky chemických látek a směsí z míst jejich uskladnění a následný rozvoj mimořádné události jako je vznik hořlavé nebo výbušné směsi. Při popisu chování mimořádné události je nutné vzít do úvahy:

- skupenství chemické látky,
- fyzikálně – chemické vlastnosti látek,
- technicko – bezpečnostní parametry látek,
- místo uskladnění,
- typ úniku,
- umístění skladovacího prostoru,
- umístění otvoru úniku,
- dynamiku systému.

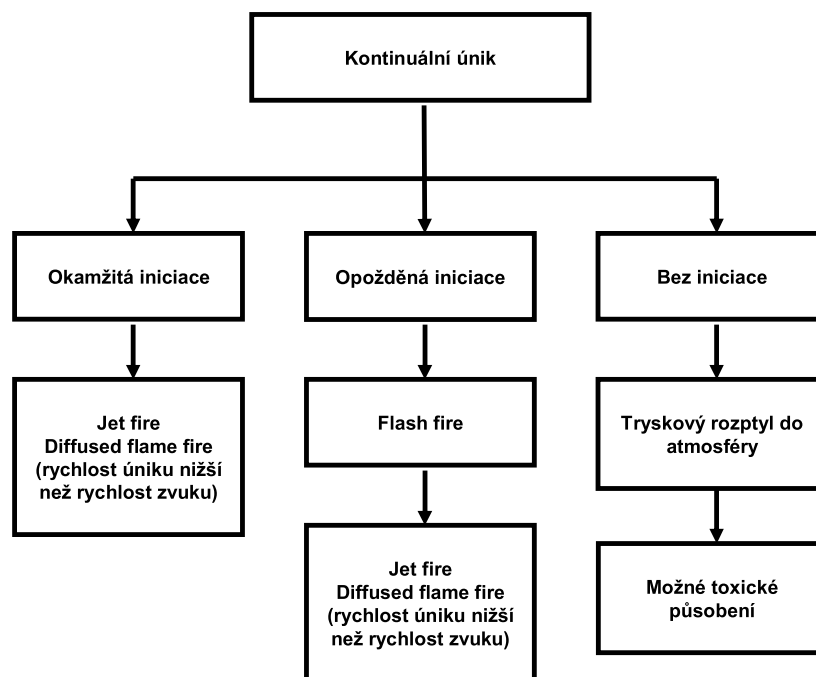
Pro účely případových studií uvedených v disertační práci jsou níže popsány principy mimořádných událostí způsobených únikem látek a směsí, které mají plynné nebo kapalné skupenství nebo jsou zkapalněnými plyny.

4.2.3 Úniky plynných látek a směsí

Při úniku plynu z místa uskladnění jako je soustava potrubí nebo zásobníky se může látka chovat několika způsoby z pohledu délky úniku, tak jak je patrné z obr. 4.2.4 a 4.2.5 [44, 42].



Obr. 4.2.4 Chování plynných látek po úniku z pohledu délky úniku (1)



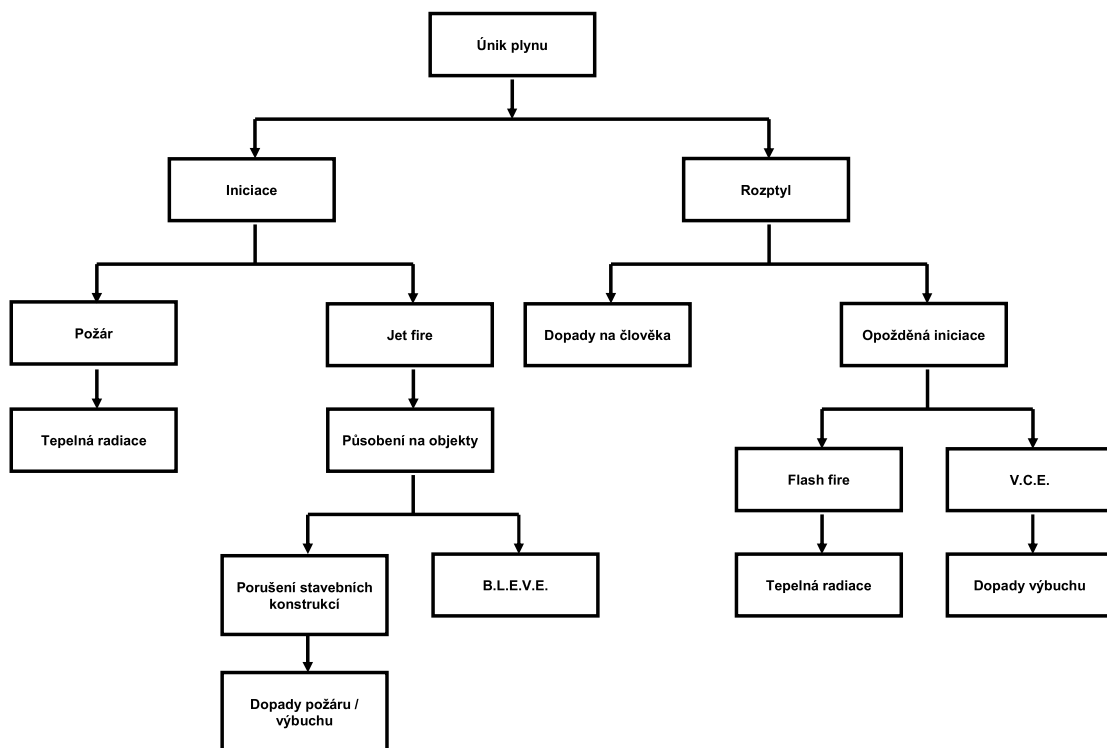
Obr. 4.2.5 Chování plynných látek po úniku z pohledu délky úniku (2)

Výtok látek plynného skupenství je dán následující rovnicí.

$$q = A \cdot P \cdot C_d \cdot \sqrt{\frac{\gamma \cdot M_w}{R \cdot T}} \cdot \left[\left(\frac{2}{\gamma + 1} \right)^{\frac{\gamma + 1}{\gamma - 1}} \right]^{\frac{1}{2}}, \quad (4.2.3)$$

kde je q hmotnostní tok [$\text{kg} \cdot \text{s}^{-1}$],
 A plocha otvoru výtoku [m^2],
 M molekulová hmotnost plynu [$\text{kmol} \cdot \text{kg}^{-1}$],
 T teplota v potrubí [K],
 P tlak v potrubí [Pa],
 γ poměr specifických tepelných kapacit při konstantním tlaku a teplotě [-],
 C_d součinitel výtoku [-].

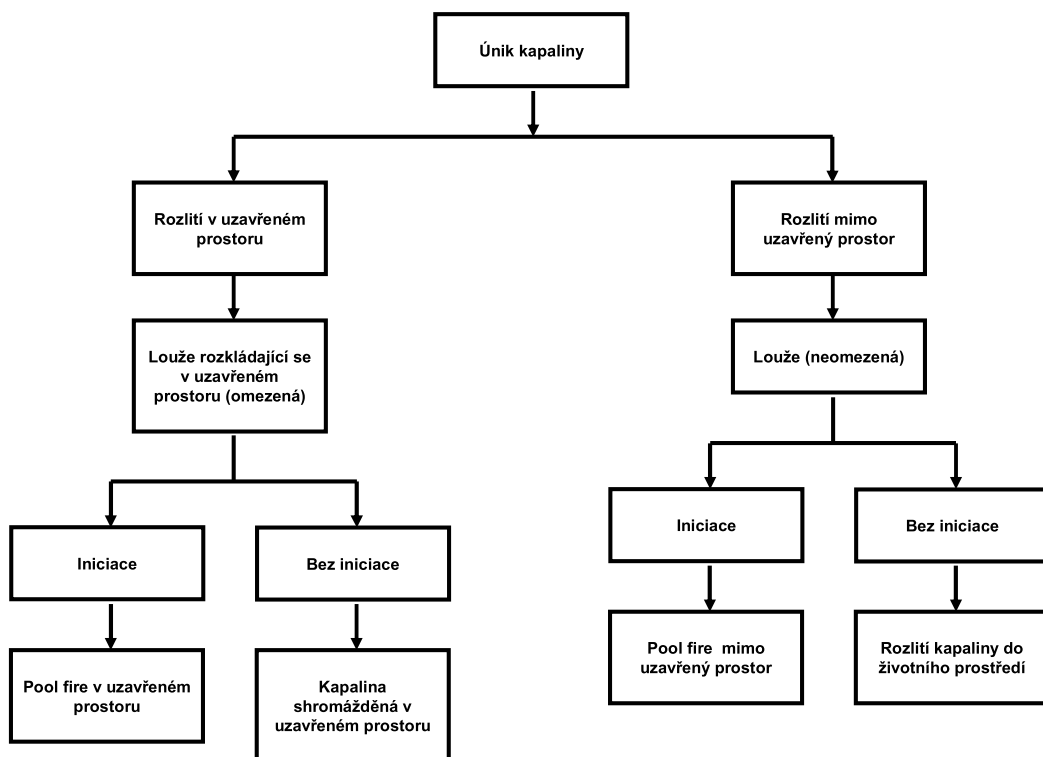
Po úniku plynné látky je možné určit následující chování, jak vyplývá z obr. 4.2.6.



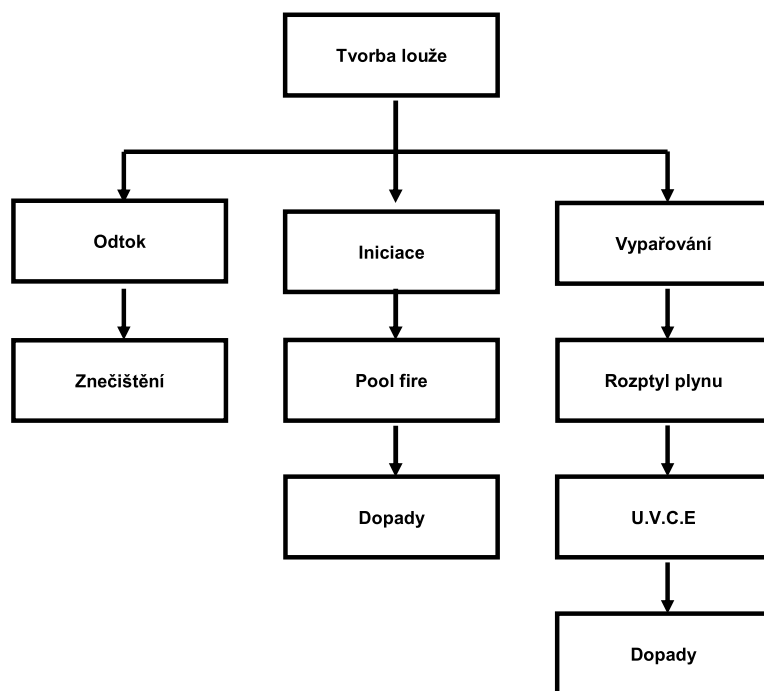
Obr. 4.2.6 Přehled možných scénářů havárie způsobené únikem plynné látky [upraveno podle 42]

4.2.4 Úniky kapalných látek a směsí

Chování kapalin uskladněných nejčastěji v nádržích a zásobnících s ventilací do atmosféry je možné popsat několika způsoby. Typické chování kapalin při jejich úniku je možné rozdělit, tak jak je uvedeno na obr. 4.2.7 a 4.2.8 [42, 44].



Obr. 4.2.7 Chování kapalných látek při jejich úniku [upraveno podle 44, 42]



Obr. 4.2.8 Přehled možných scénářů havárie způsobené únikem kapalně látky [upraveno podle 42, 44]

V závislosti na platnosti Bernoulliho rovnice uvedené níže

$$\frac{1}{2}\rho v^2 + p + \rho gh = konst. \quad (4.2.4)$$

se uvažuje rozptyl látek kapalného skupenství

$$q_L = C_d \cdot A \cdot \rho \sqrt{\frac{2 \cdot (P - P_a)}{\rho} + 2 \cdot g \cdot h}, \quad (4.2.5)$$

kde je v rychlost proudění [m.s⁻¹],
 p statický tlak [Pa],
 q_L hmotnostní tok [kg.s⁻¹],
 ρ hustota kapaliny [kg.m⁻³],
 C_d součinitel výtoku [-],
 A plocha otvoru [m²],
 P absolutní tlak [Pa],
 P_a absolutní tlak [Pa],
 h výška kapaliny [m],
 g gravitační zrychlení [m.s⁻¹].

Pokud dojde po úniku kapaliny z nádrže k jejímu rozlití, při pohybu vzduchu dojde k jejímu vypařování. Dle [44] se koeficient vypařování určí postupně pro obdélníkové a kruhové louže

$$E_r = 2,625 \cdot 10^{-7} \left(\frac{M \cdot P^0}{T} \right) u_w^{0,78} x^{0,89} y, \quad (4.2.6)$$

$$E_c = 7,876 \cdot 10^{-7} \left(\frac{M \cdot P^0}{T} \right) u_w^{0,78} r^{1,89}, \quad (4.2.7)$$

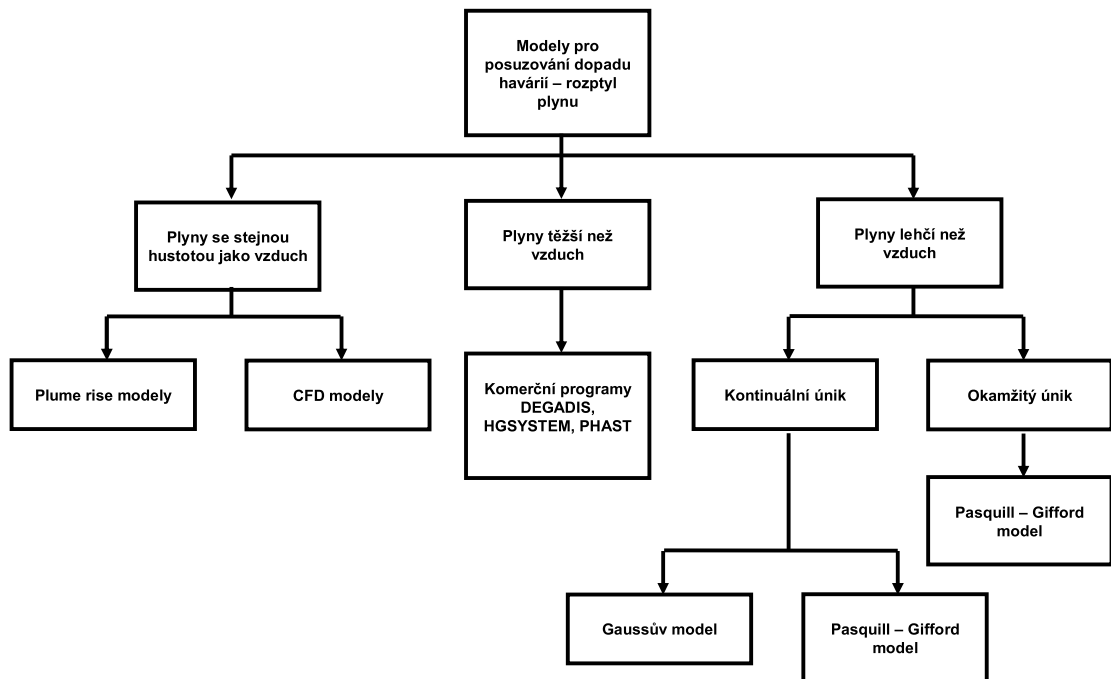
kde je E_r, E_c koeficient vypařování [kg.s⁻¹],
 x rozměr kapaliny [m],
 y rozměr kapaliny [m],
 M molová hmotnost [kg.kgmol⁻¹],
 P^0 tlak par kapaliny [Pa],
 T absolutní teplota kapaliny [K],
 u_w rychlost větru [m.s⁻¹],
 r poloměr louže [m].

4.2.5 Modely popisující rozptyl plynu

V průmyslových podnicích může dojít k úniku látek plynného skupenství z potrubí bez následné iniciace. Po úniku dochází k rozptylu plynu s následným chováním látky v závislosti zejména na její hustotě, kde rozlišujeme:

- plyny s nižší hustotou než vzduch,
- plyny se stejnou nebo podobnou hustotou vzduchu,
- plyn s vyšší hustotou než vzduch.

Přehled využívaných modelů pro posuzování dopadů havárií způsobených rozptylem plynu je obsahem obr. 4.2.9.



Obr. 4.2.9 Přehled využívaných modelů pro posuzování rozptylu plynu [upraveno podle 42, 44]

Gaussův model pro kontinuální rozptyl plynu se vyjádří:

$$C(x, y, z, H) = \frac{Q}{2\pi u \sigma_y \sigma_z} \exp\left[\frac{-y^2}{2\sigma_y^2}\right] \left\{ \exp\left[\frac{-(H - z)^2}{2\sigma_z^2}\right] + \exp\left[\frac{-(H + z)^2}{2\sigma_z^2}\right] \right\}, \quad (4.2.8)$$

kde je C koncentrace v příslušném místě x, y, z , [$\text{kg} \cdot \text{m}^{-3}$],
 Q poměr výtoku [$\text{kg} \cdot \text{s}^{-1}$],
 H výška místa výtoku [m],
 σ_y koeficient horizontálního rozptylu [m],
 σ_z koeficient vertikálního rozptylu [m],
 u rychlost větru [$\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$],
 x, y, z vzdálenosti [m].

Pasquill – Gifford model pro okamžitý rozptyl plynu se vyjádří:

$$C(x, y, 0, H) = \frac{2Q}{(2\pi)^{1.5} \sigma_x \sigma_y \sigma_z} \exp\left[-\frac{1}{2}\left(\frac{x-u_t}{\sigma_x}\right)^2\right] \exp\left[-\frac{1}{2}\left(\frac{H}{\sigma_z}\right)^2\right] \exp\left[-\frac{1}{2}\left(\frac{y}{\sigma_y}\right)^2\right], \quad (4.2.9)$$

kde je C koncentrace v příslušném místě x, y, z , [kg.m^{-3}],
 Q hmotnost plynu [kg],
 σ_x koeficient rozptylu ve směru větru [m],
 σ_y koeficient rozptylu proti směru větru [m],
 σ_z koeficient vertikálního rozptylu [m],
 u_t rychlost větru [m.s^{-1}],
 t čas [s],
 H výška místa výtoku [m],
 x, y, z vzdálenosti [m].

4.2.6 Modely popisující důsledky požárů a výbuchů

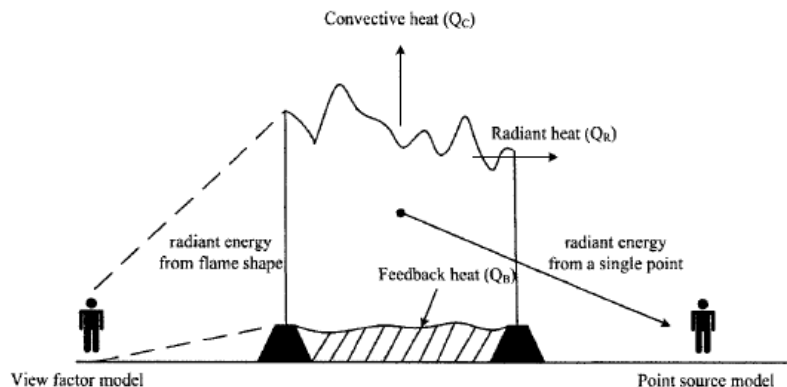
Při identifikaci nebezpečí a posouzení rizika vzniku požárů se využívá řada modelů popisující chování látek. Požáry lze rozdělit do několika typů v závislosti na skupenství látky, skladovacím prostoru. Jedná se o :

- Požár louže (Pool fire),
- Tryskový požár (Jet fire),
- B.L.E.V.E,
- Bleskový požár (Flash fire).

4.2.7 Pool fire

Požáry louží se řadí k velice častým provozním rizikům průmyslových podniků. Dochází zde k rozlití hořlavé kapaliny na ohraničenou nebo neohraničenou oblast. Při posuzování následků tohoto typu požáru se hodnotí tepelná radiace požáru. Využívá se dvou modelů patrných z obr. 4.2.10:

- model bodového zdroje,
- model faktoru viditelnosti.



Obr. 4.2.10 Modely při posuzování požáru louže [42]

Model bodového zdroje je popsán následujícími rovnicemi:

$$Q = \frac{MH_c f \tau}{4\pi x^2}, \quad (4.2.10)$$

kde je Q intenzita tepelného toku [$\text{kW} \cdot \text{m}^{-2}$],
 M poměr odhořívání [$\text{kg} \cdot \text{s}^{-1}$],
 H_c spalné teplo [$\text{kJ} \cdot \text{kg}^{-1}$],
 f frakce termální energie [-],
 x vzdálenost od středu plamene k pozorovateli [m],
 τ atmosférická propustnost [-].

Parametr f představuje část tepla přecházející do radiační energie a je závislý na průměru louže kapaliny. Parametr τ je závislý na množství atmosférické vlhkosti a vzdálenosti a je dán následující rovnicí:

$$\tau = \log_{10} \left[14,1 (RH)^{-0,108} r^{-0,13} \right], \quad (4.2.11)$$

kde je RH relativní vlhkost [-],
 r vzdálenost [m].

Pro posouzení požáru louže je možné využít také výše zmíněný model faktoru viditelnosti.

$$Q = \tau EF, \quad (4.2.12)$$

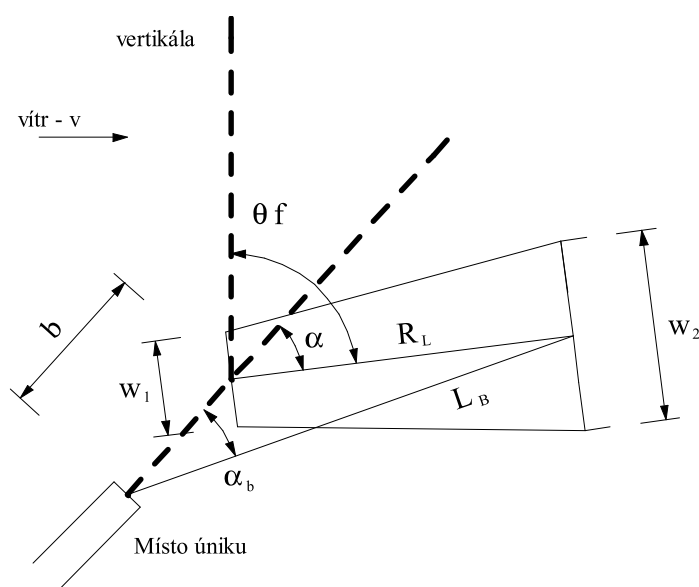
kde je Q intenzita tepelného toku [$\text{kW} \cdot \text{m}^{-2}$],
 E povrchová síla plamene [$\text{kW} \cdot \text{m}^{-2}$],
 F faktor viditelnosti [-],
 τ atmosférická propustnost [-].

Parametr E představuje množství radiační toku, které vyzáruje z povrchu plamene.

4.2.8 Jet fire

Dalším zdrojem možné průmyslové havárie je požár typu Jet fire, kdy tyto mimořádné události jsou způsobené iniciací plynu nebo kapaliny unikající z potrubí nebo nádrže velkou rychlostí. Parametry ovlivňující tryskový požár jsou závislé především na vlastnostech a skupenství hořlavého materiálu a tlaku.

Při popisu tryskového požáru je problematické zejména určení jeho směrového působení. Popisem chování látek způsobujících tento typ požáru se zabývá Thorntnův model, někdy označovaný jako Chamberlain model [40]. Uvedený model je aplikovatelný pro vertikální plameny i plameny vznikající pod určitým úhlem, kdy rychlost větru je větší než vztlak. Model uvažuje požár typu Jet fire jako kužel, tak jak vyplývá z obr. 4.2.11.



Obr. 4.2.11 Model požáru typu Jet fire [upraveno podle 44, 42]

Intenzita tepelného toku v horizontální vzdálenosti má tvar [54]

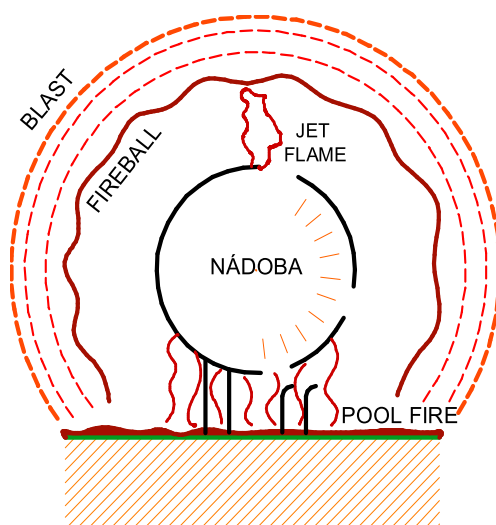
$$E = \frac{\eta \cdot X_g \cdot Q_{eff} \cdot H_c}{4 \cdot \pi \cdot r^2}, \quad (4.2.13)$$

kde je E intenzita tepelného toku [$\text{kW} \cdot \text{m}^{-2}$],
 η faktor účinnosti hoření [-],
 X_g faktor emisivity [-],
 Q_{eff} skutečná rychlost úniku plynu [$\text{kg} \cdot \text{s}^{-1}$],
 H_c spalné teplo látky [$\text{kJ} \cdot \text{kg}^{-1}$],
 r horizontální vzdálenost pozorovatele od zdroje [m].

Diskutovaný Chamberlain model není vhodný pro posuzování horizontálních tryskových požárů. Dalším omezením je, pokud dochází k pohybu plamenů. Velkou nevýhodou doposud bylo, že se tento model testoval pouze na omezený počet plynných látek.

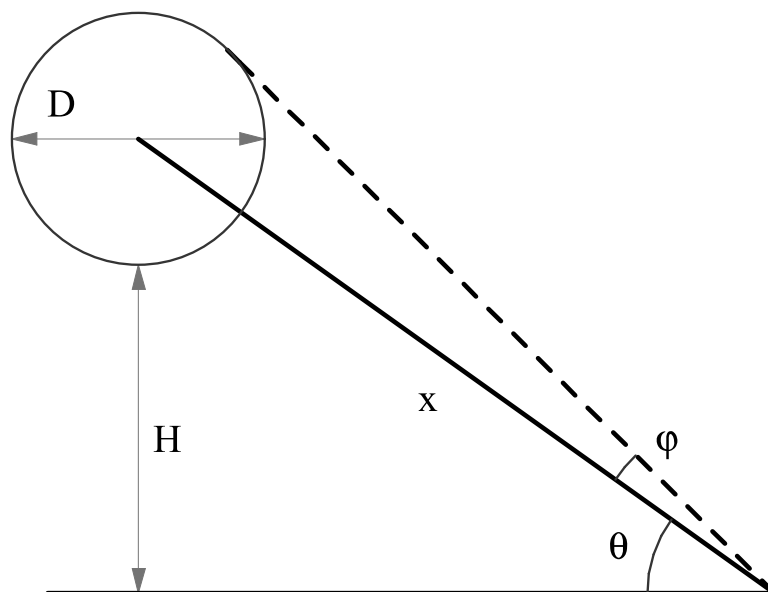
4.2.9 B.L.E.V.E.

Havárií s obrovskými dopady je i požár typu B.L.E.V.E. [44, 42]. Jedná se o výbuch expandujících par přehřáté kapaliny, nejčastěji zkapalněných uhlovodíkových plynů (např. LPG, LNG apod.). Obecně lze říci, že tento jev nastává, když dojde k náhlému uvolnění velkého množství výše zmíněných látek do atmosféry. Jako primární příčina vzniku tohoto výbuchu je externí zdroj tepla v okolí nádoby, který postupně ohřívá plášť nádoby, kapalina se odpařuje, zvýší se tlak až dojde k prasknutí zásobníku. V tomto okamžiku se veškerý objem této nádoby uvolní do okolních prostorů. Exploze je doprovázena vznikem tlakové vlny a tvorbou úlomků. V případě úniku hořlavé kapaliny nebo zkapalněného uhlovodíkového plynu může vzniknout ohnivá koule (fire ball). Princip tohoto jevu je zobrazen na obr. 4.2.12.



Obr. 4.2.12 Princip jevu B.L.E.V.E [upraveno podle 44]

Z hlediska posuzování dopadů této mimořádné události se vychází z idealizace případu na obrovskou hořlavou kouli umístěnou nad zemským povrchem, jak je uvedeno na obr. 4.2.13.



Obr. 4.2.13 Idealizace jevu B.L.E.V.E [upraveno podle 44]

Pro posouzení základních ukazatelů se využívá rovnic:

$$D = 6,48.W^{0,325}, \quad (4.2.14)$$

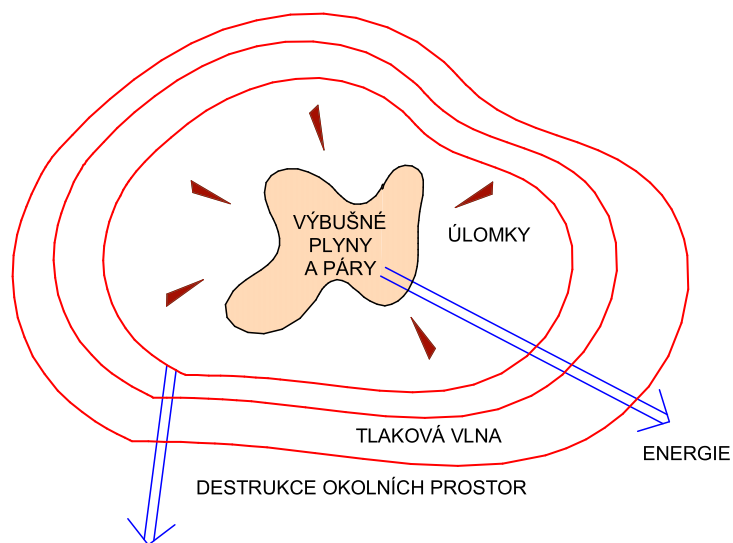
$$t = 0,852.W^{0,260}, \quad (4.2.15)$$

$$H = 2.D, \quad (4.2.16)$$

kde je D průměr hořlavé koule [m],
 t doba hoření [s],
 W hmotnost hořící látky [kg],
 H výška hořlavé koule od povrchu země [m].

4.2.10 Výbuch

Výbuch je mimořádná událost s vysoce devastujícími účinky pro osoby, stavby, technické konstrukce, technologická zařízení a životní prostředí s možností výskytu v průmyslových společnostech i při přepravě nebezpečných látek a směsí po silnici a železnici [44]. Představuje fyzikální, chemický jev, kdy dochází k uvolnění množství energie do okolních prostorů spolu s šířením tlakové vlny doprovázené lokálním zvýšením tlaku a teploty [42]. Jedná se o rychlé hoření, kdy koncentrace plynu s oxidační látkou je v rozsahu mezi mezemi výbušnosti. Existují různé typy možných výbuchů v závislosti na hořlavé nebo výbušné látce. Jiným způsobem se chovají kapaliny, plyny, zkapalněné plyny, prach, výbušniny. Základními podmínkami pro vznik výbušné reakce je vedle přítomnosti těchto látek také přítomnost oxidačního prostředku, zápalného zdroje a prostoru, ve kterém se bude výbuch šířit. Obr. 4.2.14 popisuje chování výbušné směsi hořlavé látky plyného skupenství ve směsi se vzduchem.



Obr. 4.2.14 Základní projevy výbuchu plynů a par

Základní typy průmyslových výbuchů se mohou rozdělit do skupin:

- fyzikální (mechanické selhání, přetlak tlakového systému, podtlak tlakového systému, vysoká teplota tlakového systému, nízká teplota tlakového systému),
- výbuchy kapalin, plynů nebo par (B.L.E.V.E, V.C.E., U.V.C.E.),
- exploze prachu,
- exploze s reakcí (obsahující hořlavé páry, nukleární exploze, ostatní exploze obsahující reakce kapalinové fáze),
- elektrický.

Při posuzování účinků výbuchů se vychází z faktu, že za velmi krátký čas dochází k vývoji obrovského množství energie, kdy ve většině případů stačí iniciační zdroj o malé energii.

Posuzují se následující parametry:

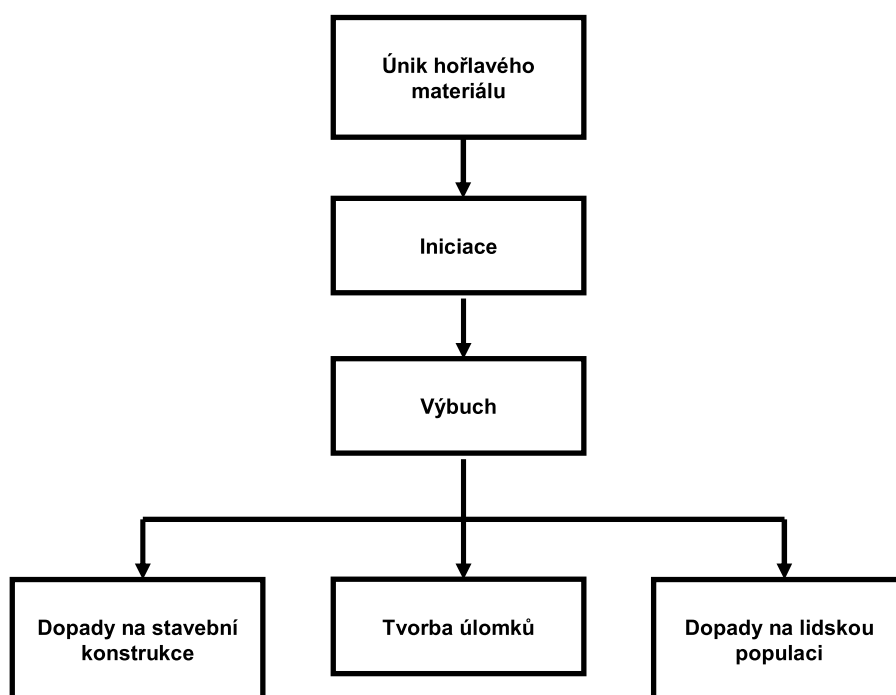
- vrchol přetlaku,
- doba trvání,
- tlakový impuls,
- stupeň odolnosti.

Obecně lze rozdělit chování chemických látek vedoucích k vývoji výbušných směsí následovně:

- po úniku hořlavé látky dochází k jejímu zapálení ve směsi se vzduchem a vzniká výbuch typu V. C. E.,
- dochází k zapálení par uvnitř v nádržích,

- dochází k samozapálení nebo zapálení hořlavé látky statickou elektřinou uvnitř v nádrži s následným postupem hořlavé směsi do potrubí nebo je způsobena destrukce nádrže, typický je zde vznik tlakové vlny a úlomků,
- dochází k zapálení částecek látek pevného skupenství jako je uhelný prach s následným rozvojem výbušné reakce s destruktivními účinky na okolí, typický je zde vznik tlakové vlny a úlomků.

Typickým případem průmyslové havárie je únik nebezpečné látky s hořlavými a výbušnými vlastnostmi a následným vznikem mimořádné havárie typu V. C. E. Vznik tohoto jevu je uveden na obr. 4.2.15.

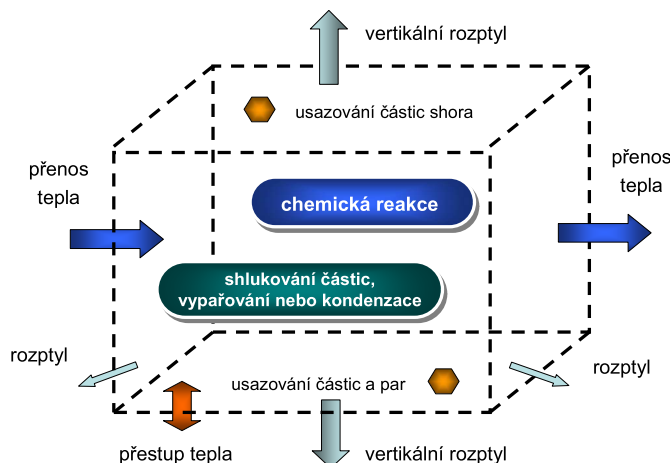


Obr. 4.2.15 Rozvoj jevu V. C. E. [upraveno podle 42, 44]

Tento typ výbuchu může způsobit nejzávažnější možné následky. V historii je dokumentována řada případů tohoto výbuchu, kdy vlivem úniku chemické látky [33, 36] došlo ke vzniku jevu V.C.E., které dokazují účinky tohoto výbuchu. Zejména jde o výsledky působení na okolní konstrukce stavebních objektů, životní prostředí a v neposlední řadě na člověka. Podmínky pro vznik jevu V.C.E. jsou následující:

- přítomnost hořlavých látek za odpovídajícího tlaku nebo teploty,
- mrak par musí být vytvořen před zapálením,
- část mraku musí být v mezích výbušnosti dané látky,
- tlaková vlna způsobená výbuchem tohoto typu je závislá na rychlosti šíření plamene (deflagrace, detonace).

Pokud nedojde ke vzniku přetlaku pak V. C. E. nenastane, ale hořlavá směs se chová jako požár typu Flash fire, při kterém nedochází ke vzniku tlakové vlny. Pokud přetlak nastane, pak se jedná o V.C.E. [46]. Při tomto typu výbuchu již vzniká tlaková vlna. Obvykle nastává detonace, kdy plamen postupuje jako rázová vlna následována těsně vlnou, která uvolňuje energii na udržení rázové vlny. Hořlavý soubor hoří nadzvukovou rychlostí. Jako důsledek může nastat zhroucení staveb a konstrukčních systémů. Charakter tohoto jevu je patrný z obr. 4.2.16.



Obr. 4.2.16 Princip V. C. E. [upraveno podle 44]

K posuzování účinků výbuchu a dopadů této závažné havárie na chráněné hodnoty lze využít za uvážení omezení následujících modelů:

- TNT model,
- Multi – energy model,
- CFD modely.

TNT model je model s širokým praktickým využitím. Je nutné mít na paměti následující omezení:

- různá intenzita výbuchu plyných směsí,
- účinnost výbuchu je založena na zkušenosti,
- předpokládá se detonační chování,
- exploze TNT je odlišná jevu V. C. E.

TNT ekvivalent se určí:

$$W_{TNT} = \alpha \frac{WH_c}{H_{TNT}}, \quad (4.2.17)$$

kde je W_{TNT} množství vybuchlého plynu [kg],
 H_c spalné teplo plynu [$\text{kJ} \cdot \text{kg}^{-1}$],
 H_{TNT} spalné teplo TNT [$\text{kJ} \cdot \text{kg}^{-1}$],
 α účinnost výbuchu [-].

K posouzení dopadů exploze se dosah tlakové vlny určí s využitím redukované vzdálenosti z s omezením z do $200 \text{ m} \cdot \text{kg}^{-1/3}$.

$$z = \frac{R}{(w_{\text{TNT}})^{\frac{1}{3}}}, \quad (4.2.18)$$

kde je R vzdálenost od epicentra výbuchu [m],
 W_{TNT} TNT ekvivalent [kg].

Další metodou pro hodnocení dopadů výbuchu je využití Multi – energy modelu (Van den Berg model). Model uvažuje jako parametry přetlak, dynamický tlak a dobu trvání výbuchu. Vychází z faktu, že energie výbuchu v ohraničeném prostoru je vyšší než v neohraničeném. Model porovnává energie v různých částech mraku exploze. Energii posuzuje na škále od 1 do 10, kdy 1 představuje explozi bez významných dopadů, 10 pak detonaci.

Následující rovnice popisují základní parametry, kterých model Multi – energy využívá:

$$r' = \frac{r}{\left(\frac{E}{P_a}\right)^{\frac{1}{3}}}, \quad (4.2.19)$$

$$t_p' = t_p \times \left(\frac{E}{P_a}\right)^{1/3} / a_a, \quad (4.2.20)$$

$$P_o' = \frac{P_o - P_a}{P_a}, \quad (4.2.21)$$

kde je P_o přetlak [Pa],
 P_a tlak okolí [Pa],
 a_a rychlost větru [$\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$],
 E energie hoření [J],
 r vzdálenost [m],
 t_p doba trvání [s].

Grafy pro určení hlavních parametrů přetlaku, dynamického tlaku a doby trvání exploze jsou uvedeny v [42] a [44].

4.2.11 Rozhodovací analýza – vícekritériální rozhodování

V rámci analýzy rizik, které souvisejí s mimořádnými událostmi, se postupně řeší vybrané mimořádné situace, které jsou vybrány v jednotlivých provozech průmyslového podniku. Pro potřeby vyhodnocení výsledků analýzy rizik vybraných mimořádných událostí je potřeba jednotlivé varianty ohodnotit a rozhodnout o závažnosti, vlivu na zranitelnost podniku nebo posuzované části provozu.

Uvedenou problematiku řeší rozhodovací analýza a modelování rozhodovacích procesů. Rozhodovací procesy se nejčastěji modelují pomocí těchto nástrojů [12, 71]:

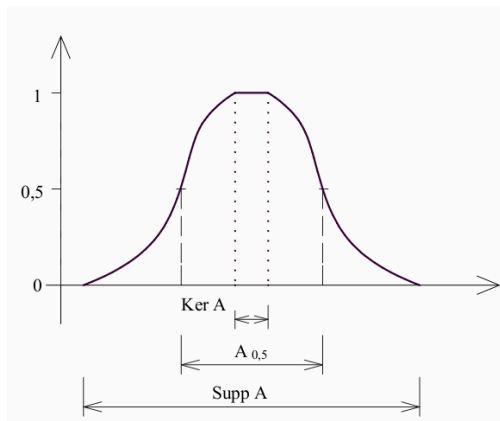
- rozhodovací stromy,
- multikritériální analýza [30, 78, 31],
- síťové modely,
- bilanční modely,
- lineární programování a jiné.

Použití rozhodovacích stromů je velmi rozšířené a umožňuje analýzu složitých procesů. Jedná se o grafickou metodu. Určitým omezením metody je, že umožňuje pouze omezené využití více hodnocených kritérií. Ideální je použití pouze jednoho kritéria, např. ceny. Vhodnou metodou, která umožňuje zahrnout více kritérií je multikritériální analýza [78, 26]. Při použití (aplikaci) se také může využít celé řady vlastností metody, mezi které patří zapojení více expertů nebo určení váhového vlivu jednotlivých kritérií. Existují další typy rozhodovacích modelů, ale jejich použití je spíše určeno pro řešení specifických problémů. Například síťové modely se často využívají pro určování tzv. kritické cesty a sestavování harmonogramu projektů.

4.2.12 Multikritériální analýza a kritéria hodnocení

Zvolená metoda multikritériální analýzy [34] patří mezi univerzální metody [25] a v jednotlivých variantách se využívá pro velmi různé problematiky [12, 27]. Jedná se například o hodnocení investičních projektů, pro projekty zkoumající dopady na životní prostředí, optimalizace konstrukčních řešení a mnohé další [37, 40, 83]. Mezi výhody metody patří, že se může pracovat s různým typem informace a hodnocení se může provést numerické i slovní [21, 23]. Některé varianty umožňují také zahrnout vliv neurčitosti [16, 10]. Navržená varianta multikritériální analýzy se řadí v rámci analýzy rizik a hodnocení do kategorie, kde se využívá semikvantitativního odhadu rizika určité události. U použití multikritériální analýzy, ve které je nutné zohlednit neurčitost vstupních informací, se může vycházet z teorie fuzzy množin [65], protože poskytuje dostatečný matematický aparát [57]. Použití fuzzy logiky pro použití navržené metodiky je podpůrným nástrojem. Přehled základních pojmů, operací s fuzzy množinami, definice a fuzzy modely uvádí [72, 65, 29]. Fuzzy logika je vhodná zejména u úloh vícekritériálního hodnocení, kdy vstupní hodnoty mají neurčitý charakter [72].

Základní prvek fuzzy množina A zobrazena na množině reálných čísel je zobrazena na obr. 4.2.17. Obrázek také uvádí základní charakteristiky: nosič ($\text{Supp } A$), jádro ($\text{Ker } A$) a 0,5-řez.

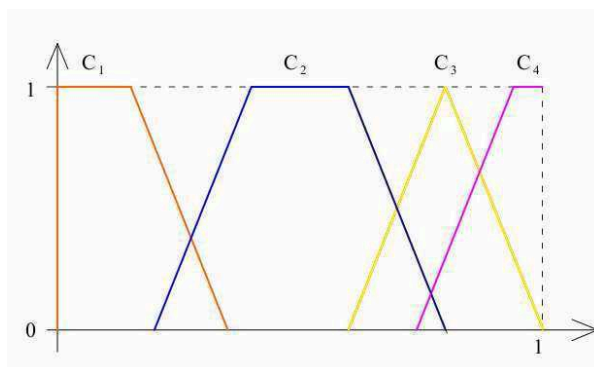


Obr. 4.2.17 Fuzzy množina A zobrazena na množině reálných čísel [upraveno podle 72]

Zadávané neurčité vstupní hodnoty jsou reprezentovány fuzzy číslem, které pro potřeby vícekritériálního hodnocení, dle doporučení [72], má odpovídat hledisku, jak podrobně je zadavatel schopen popsat co nejpřesněji vstupní informace [73]. Mezi vhodné fuzzy čísla pro vytvoření fuzzy stupnice hodnocení patří:

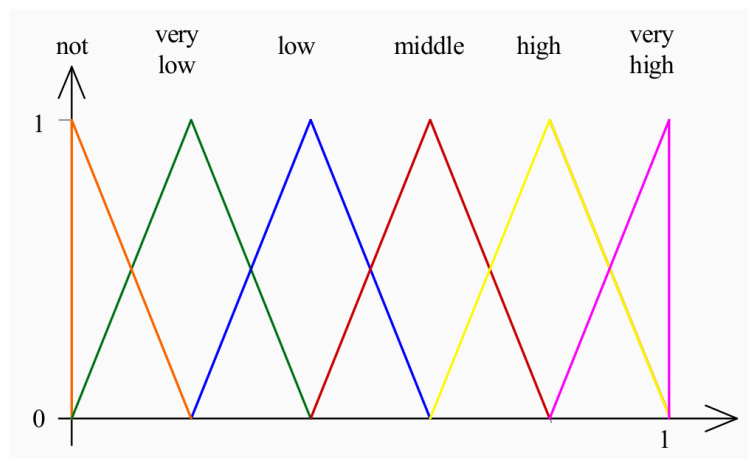
- fuzzy číslo typu Z (C_1),
- fuzzy číslo lichoběžníkové (C_2),
- fuzzy číslo trojúhelníkové (C_3),
- fuzzy číslo typu S (C_4).

Jednotlivé typy fuzzy čísel jsou zobrazeny na obr. 4.2.18.



Obr. 4.2.18 Lineární fuzzy čísla [upraveno podle 72]

Další podrobnosti k fuzzy číslům uvádí [65] a výslednou stupnici hodnocení vytvořenou v softwaru FuzzME [29] uvádí obr. 4.2.19.



Obr. 4.2.19 Stupnice hodnocení s fuzzy čísly

Ukázkové studie využívající fuzzy logiku a používaný software FuzzME [29] jsou publikovány autory softwaru v [73, 74].

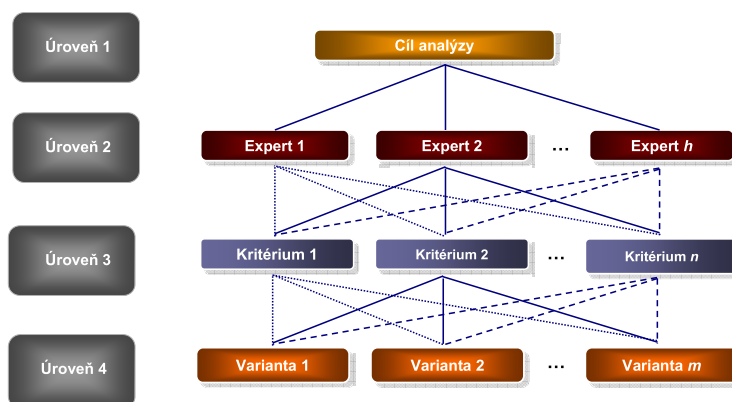
5 Metodika pro řízení rizik mimořádné události

5.1 Návrh metodiky

Navržená metodika se zabývá mimořádnými událostmi vzniku výbuchu a požáru v případě úniku nebezpečných látek, případně směsí z technických a technologických zařízení, kde jsou uskladněny nebo dopravovány. Účelem této metodiky je vyhodnotit zvolená kritéria s ohledem na požadavky podnikového řízení rizik pro určení zranitelnosti podniku, které je interním kritériem. Konkrétně je metodika rozpracována pro potřeby průmyslových podniků, které se zabývají těžkou hutní výrobou, tedy výrobou železa, oceli a druhotných ocelářských výrobků, kdy jednotlivé provozní oblasti představují místa s vysoce rizikovými operacemi z titulu nakládání s nebezpečnými látkami plynného a kapalného skupenství. Metodiku lze využít i v jiných odvětvích průmyslu za dodržení stanoveného postupu.

Navržená metodika uplatňuje koncept multikriteriální analýzy, kdy jednotlivá posuzovaná a hodnocená kritéria mají různé váhy [78].

Schématicky je vytvořená metodika zahrnující multikriteriální analýzu zobrazena na obr. 5.1.1.

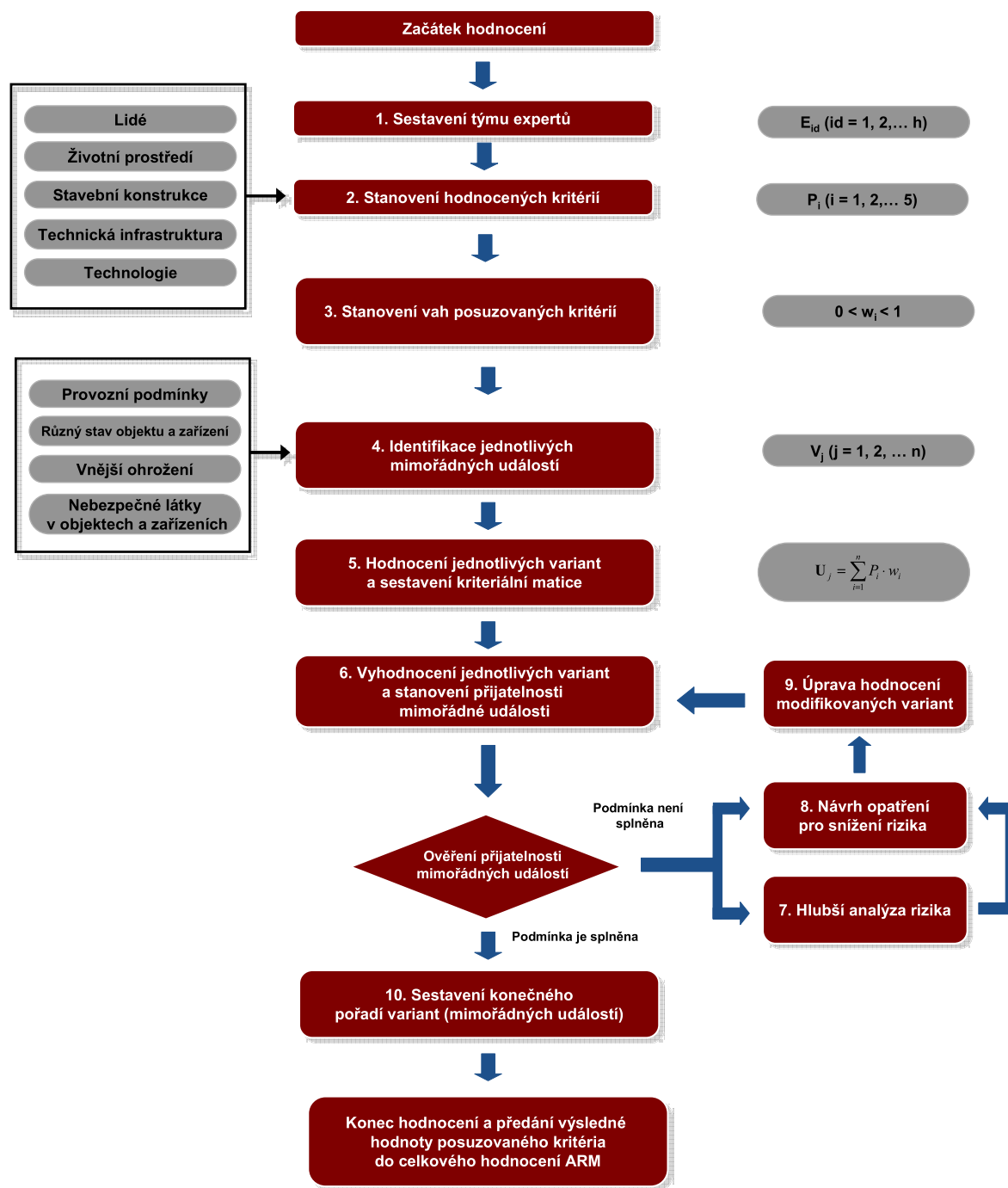


Obr. 5.1.1 Metodika – struktura úrovní obecně

Postup je rozdělen do následujících dílčích kroků:

- sestavení týmu expertů,
- stanovení hodnocených kritérií,
- stanovení vah jednotlivých posuzovaných kritérií,
- identifikace jednotlivých mimořádných událostí,
- hodnocení jednotlivých variant a sestavení kritériální matice,
- vyhodnocení jednotlivých variant a stanovení přijatelnosti mimořádné události,
- návrh opatření pro snížení hodnoty rizika.

Jednotlivé kroky navržené metodiky jsou uvedeny na obr. 5.1.2.



Obr. 5.1.2 Navržená metodika – vývojový diagram

5.1.1 Sestavení týmu expertů

První fází této metodiky je sestavení odpovídajícího týmu odborníků, kteří mají teoretické a praktické zkušenosti z oblasti risk managementu zaměřené na oblast průmyslových havárií. Tým musí být složený z risk managerů, zástupců vrcholového a středního managementu společnosti a zástupce pojišťovny, se kterou má příslušná společnost sjednané pojištění majetku a škodách na něm. Výhodná je i účast konzultanta pojišťovny, který provádí prohlídky zařízení pojištěnců.

5.1.2 Hodnocená kritéria mimořádné události

Posouzení dopadů mimořádných havárií představuje důležitý a účinný nástroj prevence těchto havárií. Jednotlivé havárie mohou ve svém konečném důsledku ovlivnit řadu chráněných hodnot, jako je lidská populace, životní prostředí, technologické celky provozních oblastí a mnohé další. Pro účely této metodiky jsou stanovena jednotlivá kritéria, podle nichž se dopady havárií posuzují.

Stanovená kritéria jsou:

- lidé,
- životní prostředí,
- stavební konstrukce,
- technická infrastruktura,
- technologie.

Struktura úrovní je obsahem obr. 5.1.3.



Obr. 5.1.3 Úrovně metodiky

Tým expertů může za dodržení podmínek kroků metodiky zvolit i jiná posuzovaná kritéria mimořádné události s ohledem na konkrétní situaci.

5.1.3 Stanovení vah kritérií posuzovaných faktorů

Jednotlivá kritéria mají různou významnost, která je dána váhami. U každého kritéria P_i se určuje relativní důležitost w_i . Relativní důležitost kritéria tzv. váha se určí v intervalu

$$0 < w_i < 1, \quad (5.1.1)$$

kde dolní mez označuje, že kritérium má minimální vliv a horní mez maximální vliv. Rozsah intervalu je volitelný.

Váhy jednotlivých faktorů sestavuje expertní tým nebo je možné využít i databázi pojišťoven vzniklých pojistných případů týkajících se průmyslových havárií. Tým expertů vybírá z řady v současné době používaných metod pro určování vah hodnocených kritérií, jako je bodovací metoda [43], metoda pořadí [21], Saatyho metoda [41] nebo Fullerova metoda [37] a [35]. Pokud jsou váhy experty určeny důsledně, nezáleží na typu použité metody k jejich stanovení. Důležité je, aby se při určování vah eliminoval vliv subjektivního cítění. Za nejvhodnější se považuje použití párového nebo bodového hodnocení.

Relativní důležitost jednotlivých kritérií je pro všechny varianty mimořádných událostí stejná a určí se z následujícího vztahu

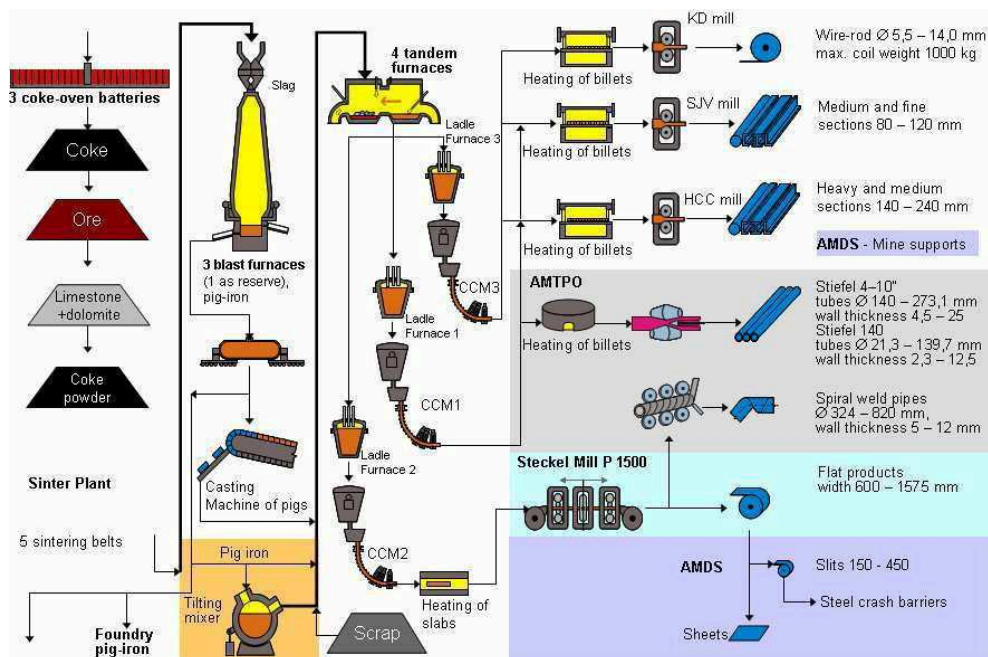
$$w_j = \sum_{i=1}^n w_i. \quad (5.1.2)$$

V případě, že experti nemohou určit váhy jednotlivých posuzovaných kritérií mimořádných havárií, mohou nechat stejný vliv všem kritériím.

5.1.4 Identifikace jednotlivých mimořádných událostí

Průmyslový obor hutnictví představuje složité technologické procesy, v rámci kterých hrozí vysoké nebezpečí vzniku mimořádné havárie z titulu nakládání s chemickými látkami a směsmi. Společnosti hutního průmyslu mají v různých lokalitách různě nastavený systém výroby, kdy se nejčastěji výroba dělí na primární a sekundární. Schéma hutní výroby je patrné z obr. 5.1.4.

Primární výroba představuje výrobu koksu a koksárenských výrobků, výrobu železa a oceli. V rámci těchto výrobních aktivit se manipuluje s řadou chemických látek a směsí, které často vykazují nebezpečné vlastnosti jako je hořlavost, výbušnost, toxicita, mutagenita nebo karcinogenita. Řada směsí chemických látek vzniká i při samotné výrobě. Zde se jedná zejména o odpadní produkty, které se dále ve výrobním procesu upravují na využitelné zdroje energie.



Obr. 5.1.4 Technologické schéma metalurgické výroby [58]

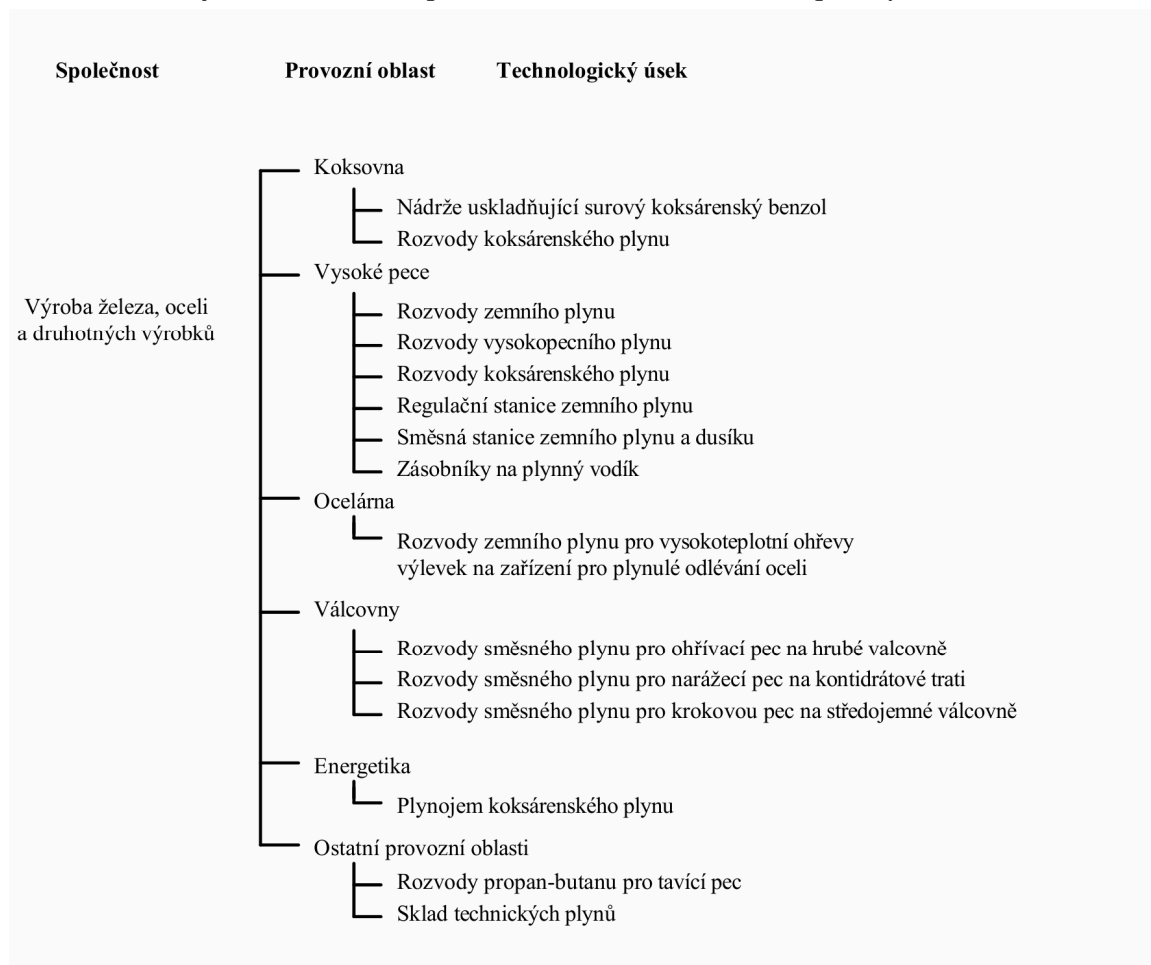
Výroba koksu probíhá v koksárenských bateriích, kde se vysokotepeelnou karbonizací zpracovává černé uhlí. Zásadním odpadním produktem při této výrobě je koksárenský plyn a surový koksárenský benzol. Ty vykazují vysoce nebezpečné vlastnosti pro lidské zdraví a z pohledu možného vývoje hořlavé nebo výbušné směsi.

Výrobou železa, která probíhá ve vysokých pecích zpracováním aglomerátu, vzniká odpadní produkt vysokopecní plyn. Ten představuje vysoké nebezpečí zejména na lidské zdraví díky vysokému obsahu oxidu uhelnatého a nemožností lidského jedince tento plyn cítit. Plyn při svém úniku rovněž vytváří při styku se vzduchem hořlavou a výbušnou směs. Sekundární ocelářská výroba zahrnuje zpracování ušlechtilé oceli válcováním a výrobu druhotných ocelářských výrobků. I tato výroba přináší rizika v souvislosti s nakládáním s chemickými látkami a jejich potenciálními úniky ze zařízení, kde jsou skladovány nebo dopravovány. Jedná se především o rozvody hutních a technických plynů nebo plyny uskladněné v tlakových lahvích.

Pro celý výrobní cyklus oceli a ocelářských výrobků jsou vytipovány potenciální zdroje mimořádných událostí způsobených únikem látek nebo směsí a následným vznikem požáru nebo výbuchu. Podniky, které mají pouze určitou část výrobního procesu využívají pouze příslušné zdroje mimořádných situací.

Níže uvedený obr. 5.1.5 uvádí základní zdroje potenciálních havárií způsobených únikem látek nebo produktů s nebezpečnými vlastnostmi v ocelářském průmyslu. Zdroje mimořádných událostí byly stanoveny s ohledem na prostory s nebezpečím výbuchu a závažné havárie stanovené podle zákona o prevenci závažných havárií nebo z charakteristik metalurgických procesů [51, 84]. Jednotlivé zdroje mimořádných událostí

jsou posouzeny metodou Dow's index hořlavosti a výbušnosti, jak je patrné z tab. 5.1.1. Tabulka obsahuje také stanovení poloměru zasažené oblasti r a plochy zasažené oblasti S .



Obr. 5.1.5 Zdroje mimořádných událostí z titulu vzniku požáru a výbuchu v ocelářské společnosti

K identifikaci jiných technologických částí, kde může vzniknout mimořádná událost je možné využít informací uvedených v projektu ARAMIS [4], který se zabývá řízením rizik mimořádných událostí v průmyslu.

Tab. 5.1.1 Zdroje mimořádných událostí – aplikace metody Dow's index hořlavosti a výbušnosti

Havárie	MF	F&EI	r [m]	S [m ²]	Zdroj rizika
Havárie benzolových nádrží	16	95,2	24,2	1837	Mírný
Havárie potrubí koksárenského plynu na koksovně	21	58,3	14,8	688	Malý
Havárie potrubí zemního plynu v oblasti skladu motorů	21	35,5	9,8	259	Malý
Havárie potrubí vysokopecního plynu v oblasti údržby vysokých pecí	21	41,12	10,6	349	Malý
Havárie potrubí koksárenského plynu v oblasti údržby vysokých pecí	21	80,5	20,4	1310	Mírný
Havárie regulační stanice zemního plynu	21	86,1	21,9	1504	Mírný
Havárie směšné stanice zemního plynu a dusíku	21	86,1	21,9	1504	Mírný
Havárie zásobníků na plyný vodík	21	86,1	21,9	1504	Mírný
Havárie potrubí zemního plynu na kontilití	21	86,1	21,9	1504	Mírný
Havárie potrubí směšného plynu na hrubé válcovně	21	90,2	22,9	1647	Mírný
Havárie potrubí směšného plynu na kontidrátové trati	21	90,2	22,9	1647	Mírný
Havárie potrubí směšného plynu na středojemné válcovně	21	90,2	22,9	1647	Mírný
Havárie plynojemu	21	63,8	16,3	840	Mírný
Havárie rozvodu na plyn propan – butan	21	86,1	21,9	1504	Mírný
Havárie acetyleny z tlakové lahve ve skladu technických plynů	neaplikováno				

5.1.5 Hodnocení jednotlivých variant

Po stanovení vah kritérií se stanovuje tzv. kritériální matice, ve které se určuje multiplikátor každého kritéria u všech variant. Multiplikátor kritéria P_i se u každé varianty určí na základě dostupných informací a stanovené stupnice.

$$U_j = \sum_{i=1}^n P_i \cdot w_i \quad (5.1.3)$$

Po sestavení všech členů kritériální matice se dopočítá celkový multiplikátor jednotlivých variant vzorcem

$$V_j = \frac{U_j}{w_j}. \quad (5.1.4)$$

Jednotlivé scénáře mimořádných havárií jsou posuzovány expertním týmem. Hodnocení se provádí na základě modelování počítačovými simulacemi. Pro modelování jsou využitelné dostupné programy, které posuzují průmyslové mimořádné události s ohledem na místní podmínky, meteorologickou situaci, technologický úsek, typ a množství uniklé látky. Každý expert posuzuje pouze ty části, pro které má kompetentní teoretické a praktické znalosti.

Tab. 5.1.2 zobrazuje zdroje mimořádných událostí uvažovaných v metalurgickém průmyslu spolu s jednotlivými uvažovanými scénáři.

Níže uvedená tab. 5.1.3 zobrazuje jednotlivá posuzovaná kritéria s posuzovanými aspekty a stupnicí, na které se příslušné kritérium posuzuje. V případě, že kritérium nemá vliv, uvede se hodnota 0.

Pomocné kvantitativní a kvalitativní stupnice posuzovaných kritérií jsou uvedeny v příloze A.

Tab. 5.1.2 Zdroje mimořádných událostí a přehled scénářů

Havárie	Rozptyl	Pool fire	Jet fire	Flash fire	V.C.E.	Tvorba louže
Havárie benzolových nádrží		x				x
Havárie potrubí koksárenského plynu na koksovňě	x				x	
Havárie potrubí zemního plynu v oblasti skladu motorů	x		x		x	
Havárie potrubí vysokopecního plynu v oblasti údržby vysokých pecí	x		x			
Havárie potrubí koksárenského plynu v oblasti údržby vysokých pecí	x		x			
Havárie regulační stanice zemního plynu	x		x		x	
Havárie směsné stanice zemního plynu a dusíku	x		x			
Havárie zásobníků na plynný vodík			x		x	
Havárie potrubí zemního plynu na kontilití	x		x		x	
Havárie potrubí směsného plynu na hrubé válcovně	x		x		x	
Havárie potrubí směsného plynu na kontidrátové trati	x		x		x	
Havárie potrubí směsného plynu na středojemné válcovně	x		x		x	
Havárie plynojemu	x			x		
Havárie rozvodu na plyn propan – butan			x		x	
Havárie acetylenu z tlakové lahve ve skladu technických plynů	Roztržení tlakové lahve					

Tab. 5.1.3 Hodnocená kritéria, aspekty, hodnocení

Posuzované kritérium	Aspekty kritéria	Hodnocení následků	Stupnice
Lidé	Smrtelná zóna, tepelná radiace, tlakové zóny, délka plamene, toxicita	Smrtelné, závažné a ostatní úrazy	velmi nízká – 1
			nízká – 2
			střední – 3
			vysoká – 4
			velmi vysoká – 5
Životní prostředí	Tepelná radiace, toxicita	Následky na okolním životním prostředí, vodní zdroje, náklady na znovu obnovení	velmi nízká – 1
			nízká – 2
			střední – 3
			vysoká – 4
			velmi vysoká – 5
Stavební konstrukce	Tepelná radiace, vrchol přetlaku, doba trvání výbuchu	Poškození budov, stavebních konstrukcí, náklady na znovu obnovení	velmi nízká – 1
			nízká – 2
			střední – 3
			vysoká – 4
			velmi vysoká – 5
Technická infrastruktura	Tepelná radiace, vrchol přetlaku, doba trvání výbuchu	Poškození infrastruktury, následné přerušení výroby, náklady na znovu obnovení	velmi nízká – 1
			nízká – 2
			střední – 3
			vysoká – 4
			velmi vysoká – 5
Technologie	Tepelná radiace, vrchol přetlaku, doba trvání výbuchu	Poškození technologických celků, náklady na znovu obnovení	velmi nízká – 1
			nízká – 2
			střední – 3
			vysoká – 4
			velmi vysoká – 5

5.1.6 Vyhodnocení jednotlivých variant a stanovení přijatelnosti

Tato fáze zahrnuje určení výsledné hodnoty rizika jednotlivých mimořádných událostí a sestavení vektoru pořadí mimořádných událostí.

Mimořádná událost je posouzena jako přijatelná, pokud celkové hodnocení mimořádné události $V_j \leq 3,5$ a zároveň jednotlivá kritéria mimořádné události splňují $P_i < 5$. Pokud je mimořádná událost posouzena jako nepřijatelná, je nutné provést hlubší analýzu rizika a případně opatření k jeho snížení.

5.1.7 Návrh opatření pro snížení hodnoty rizika

Další krok metodiky zahrnuje u technologických úseků s nepřijatelnou úrovní hodnocení stanovit opatření, kterými by bylo možné snížit posuzované hodnoty kritérií. Tato opatření mohou být rozdělena na technická a organizační. Návrh opatření je nutné provést také u investičních projektů již v rámci projednávání investic. Po zavedení nových částí technologie (investic) je třeba znovu určit skutečné hodnoty kritérií technologického úseku (provozní oblasti).

5.1.8 Výpočetní podpora pro použití metodiky

Pro zpracování případové studie a použití metodiky je navržen a připraven program RAOS, který je založen na navržené metodice a umožňuje správu a vyhodnocení konkrétních posuzovaných mimořádných událostí. Program je určen pro operační systém Microsoft Windows Vista. K použití metodiky u případové studie, ve které je nutné zohlednit také neurčitost vstupních informací, je doporučeno využít sofistikovaný fuzzy software FuzzME [29] vyvinutý autory [72] nebo jiný vhodný fuzzy software [73]. Při použití metodiky s fuzzy logikou je nutné dodržet strukturu a logiku multikritériální analýzy. Je také vhodné vytvořený model úlohy v použitém fuzzy softwaru nejprve ověřit.

5.1.9 Hodnocení ekonomické stránky prevence

Při vyčíslování hodnot a případných opatření je nutné zohlednit nástroje pro hodnocení ekonomického rozměru mimořádné události. Hodnocení snížení ztráty nebo rizika v závislosti na nákladech lze provést k určitému časovému okamžiku nebo za pomoci odhadu pravděpodobnosti provést hodnocení časového průběhu rizika [55].

6 Případová studie

6.1 Hutní průmyslová společnost v Moravskoslezském kraji

Zvolenou společností pro případovou studii k ověření navržené metodiky pro řízení rizik spojených s mimořádnou událostí je nadnárodní podnik zabývající se výrobou železa, oceli a hutních druhovýrobků. Společnost je situována v průmyslové aglomeraci Moravskoslezského kraje České republiky. Podnik je součástí nadnárodní korporace pro výrobu oceli a v Ostravě zaměstnává zhruba šest tisíc interních zaměstnanců.

Společnost reprezentuje těžký průmysl s vysoce rizikovými pracovními operacemi. Z tohoto důvodu je nutné se v rámci systému bezpečnosti a ochrany zdraví při práci zabývat specifickými pracovními bezpečnostními a hygienickými riziky včetně rizik vzniku havárií, které jsou pro tento typ průmyslové aktivity typické a jsou vyhodnocené v rámci provedené analýzy rizik.

Ve společnosti je uplatňován v rámci strategického řízení management rizik, který zahrnuje také oblast BOZP. Management rizik je implementován do řízení z důvodu, že společnost má trvalý zájem na budování udržitelné pozice na trhu a vnímá bezpečnost práce a prevenci havárií jako jednu z klíčových hodnot firmy. Oblast řízených rizik je vymezena Asset risk managementem, který se zaměřuje do oblasti základního jmění společnosti.

6.2 Vybrané mimořádné události v průmyslovém areálu

Na základě posouzení týmu expertů byly stanoveny potenciální mimořádné havárie v průmyslovém areálu uvažované společnosti. Tyto byly určeny s ohledem na nakládané chemické látky a směsi, jejich fyzikální a chemické vlastnosti a technicko – bezpečnostní parametry a rovněž s ohledem na jejich skladované množství. Pro zpracování případových studií byla určena skupina nebezpečných chemických látek a směsí, které v případě vzniku havárie mohou ohrozit bezpečnost a zdraví zaměstnanců společnosti a další chráněné hodnoty jako jsou budovy společnosti, technologické uzly a jejich zařízení a mohou mít nepříznivý vliv na životní prostředí. Tyto látky a směsi jsou využívány jako vstupní suroviny nebo vznikají přímo ve výrobním procesu a dále se upravují např. čištěním pro další využití jako zdroje energie k vytápění dalších technických a technologických agregátů.

Následující tabulka č. 6.2.1 prezentuje nebezpečné chemické látky [59] a směsi nacházející se v objektech uvažované průmyslové společnosti.

Při zpracování případové studie se vychází z provozních a technických podkladů [59], ze kterých jsou použita technická schémata u jednotlivých mimořádných událostí.

Tab. 6.2.1 Přehled chemických látek v uvažované průmyslové společnosti

Surovina	Vedlejší produkt
Zemní plyn	Vysokopeční plyn
Delor	Koksárenský plyn
Prací olej	Degazační plyn
Acetylén	Směsný plyn
Kyslík	Benzol
Vodík	Prací olej
Chlór	HNX
Propan-butan	

Výše uvedené nebezpečné látky a směsi představují závažné nebezpečí pro chráněné hodnoty společnosti působením svých nebezpečných vlastností jako je hořlavost, výbušnost, toxicita nebo jejich karcinogenní nebo mutagenní působení.

Níže uvedené tab. 6.2.2 a 6.2.3 uvádějí výpis fyzikálně – chemických vlastností a technicko – bezpečnostních parametrů u jednotlivých uvedených látek a směsí plynného a kapalného skupenství, které se uvažují jako zdroj potenciální mimořádné havárie ve společnosti a jsou uvedeny v případových studiích. Informace jsou čerpány z platných bezpečnostních listů příslušných látek a směsí. Informace o fyzikálních a chemických vlastnostech příslušných látek a směsí jsou uvedeny v příloze K.

Tab. 6.2.2 Fyzikálně – chemické vlastnosti a technicko – bezpečnostní parametry plyných látek a směsí

Plyn	Nebezpečné vlastnosti	Teplota vznícení [°C]	LEL [%]	UEL [%]	Výhřevnost
Zemní plyn	F+ (GHS 02N, GHS 04 N)	537 – 595	5	14,9	33,48 MJ/m ³
Koksárenský plyn	F+, T	450	4,5	33,8	16,29 MJ/m ³
Vysokopecní plyn	F+, T	605	35	65	3,5 MJ/m ³
Směsný plyn	F+, T	560	15,8	34,8	7,8 MJ/m ³
Acetylen	F+ (GHS 02N, GHS 04 N)	305	1.5	80,5	48,1 MJ/kg
Vodík	F+ (GHS 02N, GHS 04 N)	530	4	74	12 MJ/kg
Propan – butan	F+	430 – 490	1,6	9,5	101,82 MJ/m ³

Tab. 6.2.3 Fyzikálně – chemické vlastnosti a technicko – bezpečnostní parametry kapalných látek a směsí

Kapalina	Nebezpečné vlastnosti	Teplota vzplanutí [°C]	LEL [ml.m⁻³]	UEL [ml.m⁻³]	Výhřevnost
Benzol	F+, T	-21	48.1	270	40,4 MJ/kg

6.3 Havárie benzolových nádrží

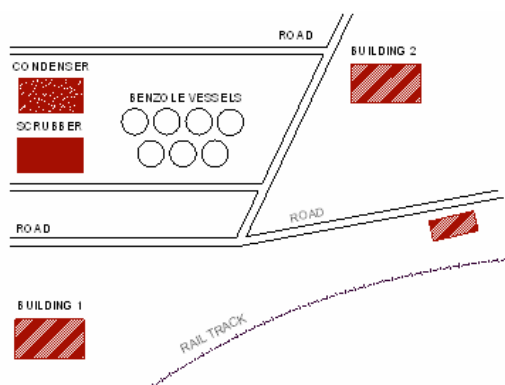
Poloha technologického úseku

Nádrže skladující surový koksárenský benzol jsou umístěny v prostorech závodu koksovna v jeho provozní části koksochemie, kde se čistí a upravuje surový koksárenský plyn.

Tab. 6.3.1 Popis mimořádné události 1

Mimořádná událost:	Havárie benzolových nádrží
Provozní oblast:	Koksovna
Technologický úsek:	Nádrže uskladňující surový koksárenský benzol

V areálu této provozní oblasti pracuje zhruba 50 zaměstnanců, kteří mohou být ohroženi potenciální mimořádnou havárií. Z tohoto počtu 4 zaměstnanci obsluhují tyto benzolové nádrže. Nádrže jsou k nejbližšímu objektu vzdáleny 50 m na západ a 28 m na jih. Přesnou polohu benzolových nádrží zobrazuje obr. 6.3.1.



Obr. 6.3.1 Poloha benzolových nádrží

Popis technologického úseku

Nádrže skladující benzol představují technicky složité technologické zařízení. Nádrže jsou součástí systému benzoly, která dále obsahuje zařízení jako parní predehřivače, výměníky tepla, chladiče, pískový filtr a zařízení pro úpravu chladicí vody, chladicí soupravy, odháněcí kolony a zařízení k regeneraci pracího oleje, přečerpávací, zásobní, sběrné a vyprazdňovací nádrže, chladicí věže, rozvodná potrubí, měřicí zařízení, stáčecí zařízení benzolu.

Nádrže na benzol jsou ocelové celosvařované, dvouplášťové, ležaté nádoby, které jsou umístěné v požární jímce ve dvou řadách nad sebou. Horní řadu tvoří 7 nádrží a spodní 8 nádrží. Mimo benzol tyto nádrže skladují prací olej. Soustava benzolových nádrží je uvedena na obr. 6.3.2.

Hlavní parametry benzolových nádrží jsou uvedeny v tab. 6.3.2.



Obr. 6.3.2 Soustava benzolových nádrží

Tab. 6.3.2 Parametry benzolových nádrží

Parametr	Hodnota
Objem	50 m ³
Délka	10 500 mm
Průměr	2 500 mm
Tloušťka stěny	8 mm
Tloušťka dna	10 mm
Hmotnost	6,3 – 6,9 t

Fyzikálně – chemické vlastnosti a technicko – bezpečnostní parametry benzolu jsou uvedeny v kapitole č. 6.2.

Scénáře mimořádné havárie

Na základě vyhodnocení jsou uvažovány tyto scénáře mimořádné havárie:

- únik benzolu, jeho rozliti a tvorba louže bez následné iniciace,
- únik benzolu, jeho rozliti a tvorba louže s následnou iniciací a vznikem Pool fire.

Mezi možné příčiny rozvoje této mimořádné události patří:

- malá trhlina na stěně benzolové nádrže, kdy dojde k úniku otvorem.

6.4 Havárie potrubí koksárenského plynu na koksovně

Poloha technologického úseku

Uvažované potrubí s koksárenským plynem je vedeno podél hlavní pozemní komunikace v areálu provozního závodu koksovna. Technologické potrubí je vedeno ve venkovním prostoru mezi technologickým agregátem turboodsávací a vstupem do pracích nádrží surového koksárenského plynu.

Tab. 6.4.1 Popis mimořádné události 2

Mimořádná událost:	Havárie potrubí koksárenského plynu na koksovně
Provozní oblast:	Koksovna
Technologický úsek:	Rozvody koksárenského plynu

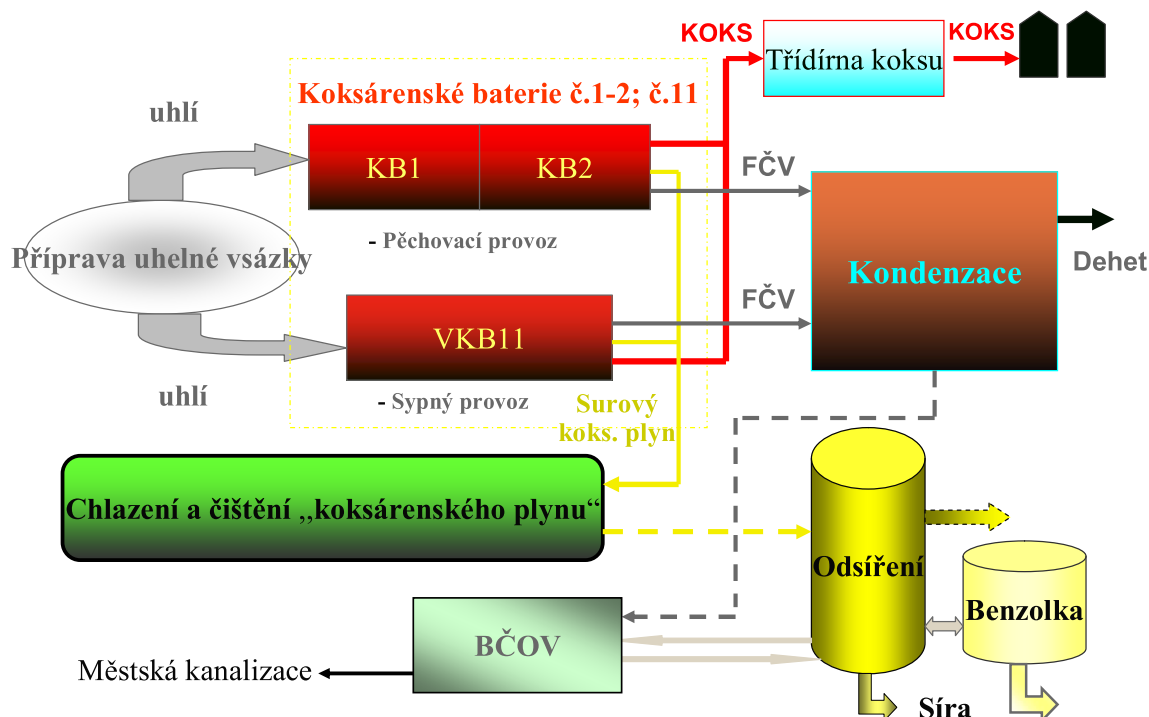
Potrubní trasa je různě vzdálena od objektů závodu koksovna, kde pracuje v provozních částech koksárenských baterií a koksochemie zhruba 50 zaměstnanců. Potrubí koksárenského plynu zobrazuje obr. 6.4.1.



Obr. 6.4.1 Potrubí koksárenského plynu

Popis technologického úseku

Potrubí rozvádí koksárenský plyn v surovém stavu k jeho další úpravě čištění, zchlazení a odsíření, tak jak je patrné z obr. 6.4.2.



Obr. 6.4.2 Provozní systém výroby koksu a úpravy koksárenského plynu [59]

Koksárenský plyn je hutní plyn s fyzikálně – chemickými vlastnostmi a technicko – bezpečnostními parametry uvedenými v kapitole č. 6.2. Vlastnosti potrubního vedení jsou uvedeny v tab. 6.4.2. Koksárenský plyn vedený v uvažovaném potrubí je surový, bez úprav a je velmi agresivní. Plyn způsobuje vnitřní plošnou a důlkovou korozi.

Tab. 6.4.2 Vlastnosti potrubního vedení koksárenského plynu

Plyn	Délka potrubí	Průměr	Tlak	Teplota
Koksárenský plyn	180 m	DN 1200	13 kPa	20 °C

Scénáře mimořádné havárie

Na základě vyhodnocení jsou uvažovány tyto scénáře mimořádné havárie:

- rozptyl po úniku koksárenského plynu, tvorba mraku a následné šíření mraku v závislosti na směru větru,
- vývoj explozivní směsi po úniku koksárenského plynu – V. C. E..

Mezi možné příčiny rozvoje této mimořádné události patří:

- poškození potrubní trasy z důvodu velké netěsnosti nebo úplného roztržení potrubí.

6.5 Havárie potrubí zemního plynu v oblasti skladu motorů

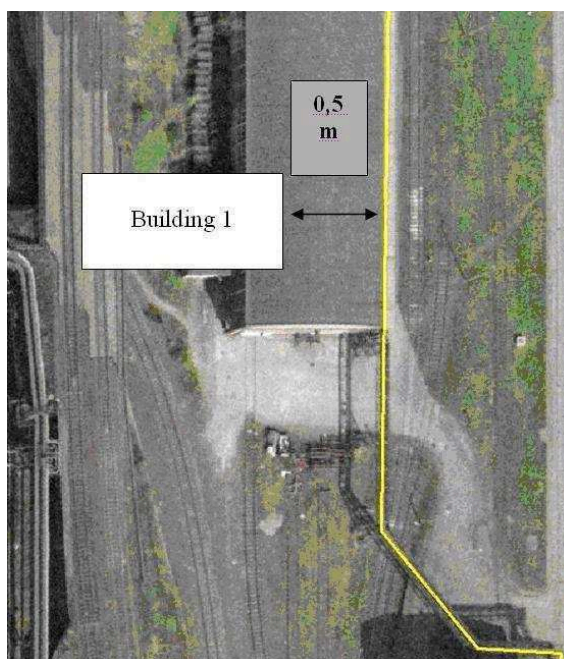
Poloha technologického úseku

Uvažované potrubí se nachází v oblasti závodu vysoké pece, v blízkosti objektu skladu motorů.

Tab. 6.5.1 Popis mimořádné události 3

Mimořádná událost:	Havárie potrubí zemního plynu v oblasti skladu motorů
Provozní oblast:	Vysoké pece
Technologický úsek:	Rozvody zemního plynu

Technologické potrubí je vedeno ve venkovním prostoru pod potrubím s topnou vodou, kdy jeho úsek je vzdálený 0,5 m od budovy skladu motorů, kde je zaveden nepřetržitý pracovní cyklus s obsazeností 5 zaměstnanců na každé směně. Přesnou polohu potrubí zemního plynu zobrazuje obr. 6.5.1 a 6.5.2.



Obr. 6.5.1 Poloha potrubí zemního plynu v oblasti skladu motorů

Popis technologického úseku

Potrubí slouží k dodávce zemního plynu k vytápění dalších technologických agregátů. Zemní plyn je technický plyn s fyzikálně – chemickými vlastnostmi a technicko – bezpečnostními parametry uvedenými v kapitole č. 6.2. Vlastnosti potrubního vedení jsou uvedeny v tab. 6.5.2.



Obr. 6.5.2 Vedení zemního plynu v oblasti skladu motorů

Popis technologického úseku

Tab. 6.5.2 Vlastnosti potrubního vedení zemního plynu

Plyn	Délka potrubí	Průměr	Tlak	Teplota
Zemní plyn	6 km	DN 50	5 bar	20 °C

Scénáře mimořádné havárie

Na základě vyhodnocení jsou uvažovány tyto scénáře mimořádné havárie:

- rozptyl po úniku zemního plynu, tvorba mraku a následné šíření mraku v závislosti na směru větru,
- tryskový požár po úniku zemního plynu – jet fire,
- vývoj explozivní směsi po úniku zemního plynu – V. C. E..

Mezi možné příčiny rozvoje této mimořádné události patří:

- poškození potrubní trasy z důvodu velké netěsnosti nebo úplného roztržení potrubí.

6.6 Havárie potrubí vysokopecního plynu v oblasti údržby vysokých pecí

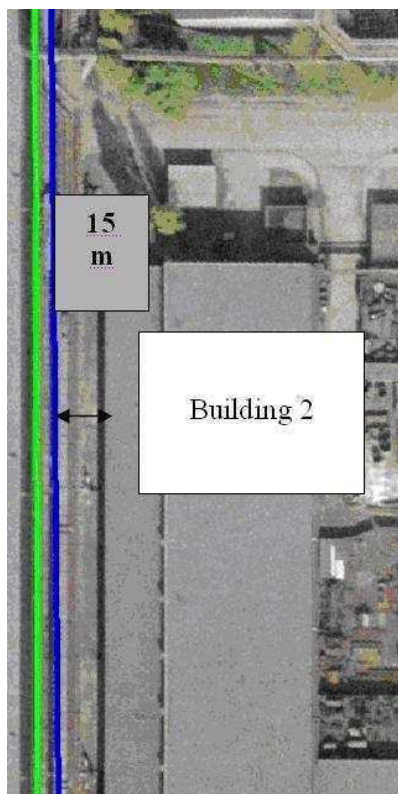
Poloha technologického úseku

Uvažované potrubí se nachází v oblasti závodu vysoké pece, v prostoru údržby těchto technologických zařízení. Technologické potrubí je vedeno ve venkovním prostoru vedle potrubí s koksárenským plynem, kdy je jeho posuzovaný úsek vzdálen 15 m od budovy provozní oblasti údržby vysokých pecí, kde je zaveden nepřetržitý pracovní cyklus s obsazeností 15 zaměstnanců na každé směně.

Tab. 6.6.1 Popis mimořádné události 4

Mimořádná událost:	Havárie potrubí vysokopecního plynu v oblasti údržby vysokých pecí
Provozní oblast:	Vysoké pece
Technologický úsek:	Rozvody vysokopecního plynu

Přesnou polohu potrubí vysokopecního plynu zobrazuje obr. 6.6.1.



Obr. 6.6.1 Poloha potrubí vysokopecního plynu v oblasti údržby vysokých pecí

Popis technologického úseku

Potrubí slouží k rozvodu vysokopecního plynu. Vysokopecní plyn je hutní plyn s fyzikálně – chemickými vlastnostmi a technicko – bezpečnostními parametry uvedenými v kapitole č. 6.2. Vlastnosti potrubního vedení jsou uvedeny v tab. 6.6.2.

Tab. 6.6.2 Vlastnosti potrubního vedení vysokopecního plynu

Plyn	Délka potrubí	Průměr	Tlak	Teplota
Vysokopecní plyn	5 km	DN 3500	5 bar	20 °C

Scénáře mimořádné havárie

Na základě vyhodnocení jsou uvažovány tyto scénáře mimořádné havárie:

- rozptyl po úniku vysokopecního plynu do ovzduší, tvorba mraku a následné šíření mraku v závislosti na směru větru,
- tryskový požár po úniku vysokopecního plynu – jet fire (pro výpočet se uvažuje tlak, který vznikne při havárii v důsledku poruchy regulačních členů).

Mezi možné příčiny rozvoje této mimořádné události patří:

- poškození potrubní trasy z důvodu velké netěsnosti nebo úplného roztržení potrubí.

6.7 Havárie potrubí koksárenského plynu v oblasti údržby vysokých pecí

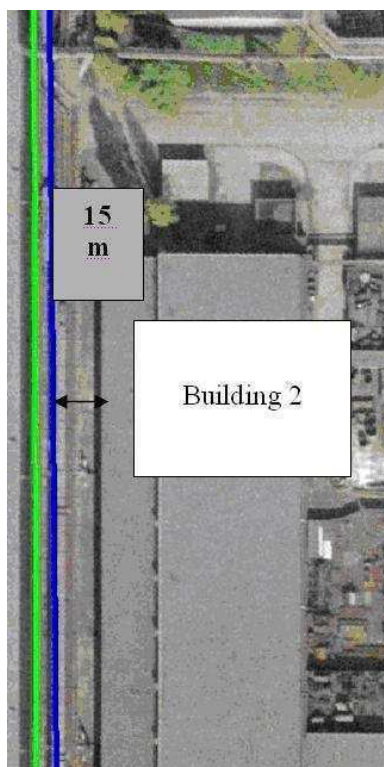
Poloha technologického úseku

Uvažované potrubí koksárenského plynu se nachází v oblasti závodu vysoké pece, v prostoru údržby těchto technologických zařízení. Technologické potrubí je vedeno ve venkovním prostoru vedle potrubí vysokopecního plynu, kdy je jeho posuzovaný úsek vzdálen 15 m od budovy provozní oblasti údržby vysokých pecí, kde je zaveden nepřetržitý pracovní cyklus s obsazeností 15 zaměstnanců na každé směně.

Tab. 6.7.1 Popis mimořádné události 5

Mimořádná událost:	Havárie potrubí koksárenského plynu v oblasti údržby vysokých pecí
Provozní oblast:	Vysoké pece
Technologický úsek:	Rozvody koksárenského plynu

Přesnou polohu potrubí koksárenského plynu zobrazuje obr. 6.7.1 a 6.7.2.



Obr. 6.7.1 Poloha potrubí koksárenského plynu v oblasti údržby vysokých pecí



Obr. 6.7.2 Vedení koksárenského plynu v oblasti údržby vysokých pecí

Popis technologického úseku

Potrubí slouží k dodávce koksárenského plynu a k vytápění dalších technologických agregátů. Jeho fyzikálně – chemické vlastnosti a technicko – bezpečnostní parametry jsou uvedené v kapitole č. 6.2. Vlastnosti potrubního vedení jsou uvedeny v tab. 6.7.2.

Tab. 6.7.2 Vlastnosti potrubního vedení koksárenského plynu

Plyn	Délka potrubí	Průměr	Tlak	Teplota
Koksárenský plyn	10 km	DN 200	5 bar	20 °C

Scénáře mimořádné havárie

Na základě vyhodnocení jsou uvažovány tyto scénáře mimořádné havárie:

- rozptýl po úniku koksárenského plynu s obsahem CO do ovzduší, tvorba toxického mraku a následné šíření mraku v závislosti na směru větru,
- tryskový požár po úniku koksárenského plynu – jet fire.

Mezi možné příčiny rozvoje této mimořádné události patří:

- poškození potrubní trasy z důvodu velké netěsnosti nebo úplného roztržení potrubí.

6.8 Havárie regulační stanice zemního plynu

Poloha technologického úseku

Uvažovaná regulační stanice zemního plynu se nachází v jižní části posuzované společnosti vedle další regulační stanice, která slouží závodu válcovny.

Tab. 6.8.1 Popis mimořádné události 6

Mimořádná událost:	Havárie regulační stanice zemního plynu
Provozní oblast:	Vysoké pece
Technologický úsek:	Regulační stanice zemního plynu

Polohu regulační stanice zobrazuje obr. 6.8.1.



Obr. 6.8.1 Regulační stanice zemního plynu

Popis technologického úseku

Regulační stanice zemního plynu je technologické zařízení určené k zajištění dodávky tohoto plynu pro potřeby dalších provozních závodů společnosti a externích subjektů, které provozují svoji činnost v areálu uvažované společnosti, tak aby byly naplněny množstevní požadavky těchto odběratelů včetně zajištění požadovaného přetlaku.

Regulační stanice je umístěna v objektu, který je zděný a zastřešený hliníkovou krytinou. V obvodu zdiva, pod stropem a u podlahy jsou otvory, které zajišťují přirozenou výměnu vzduchu. Celý objekt regulační stanice zemního plynu je oplocen.

V místnosti, plynotěsně přilehlé k regulační stanici jsou umístěny tři plynové kotle, které jsou určeny pro ohřev zemního plynu. Jedná se o nízkotlakou kotelnu III. kategorie s celkovým výkonem kotlů 144 kW. Topným médiem je zde směs Fritermu a destilované vody.

Technologicky je vysokotlaká regulační stanice určená k regulaci přetlaku zemního plynu při požadovaném množství plynu. Konstrukce regulační stanice umožňuje automatické naběhnutí záložní řady při vypadnutí řady provozní.

Prívod zemního plynu pro regulační stanici je tvořen systémem potrubí z hlavního potrubního řádu plynu o DN 500.

V rámci posuzovaného technologického celku regulační stanice je v případové stanici jako potenciální zdroj havárie stanoven potrubní rozvod zemního plynu. Vlastnosti potrubního vedení jsou uvedeny v tab. 6.8.2.

Tab. 6.8.2 Vlastnosti potrubního vedení zemního plynu

Plyn	Délka potrubí	Průměr	Přetlak	Teplota
Zemní plyn	1 km	DN 200	1,70 MPa	20 °C

Scénáře mimořádné havárie

Na základě vyhodnocení jsou uvažovány tyto scénáře mimořádné havárie:

- rozptyl po úniku zemního plynu, tvorba mraku a následné šíření mraku v závislosti na směru větru,
- tryskový požár po úniku zemního plynu – jet fire,
- vývoj explozivní směsi po úniku zemního plynu – U. V. C. E., V. C. E..

Mezi možné příčiny rozvoje této mimořádné události patří:

- poškození potrubní trasy z důvodu velké netěsnosti nebo úplného roztržení potrubí.

6.9 Havárie směsné stanice zemního plynu a dusíku

Poloha technologického úseku

Uvažovaná směsná stanice zemního plynu a dusíku se nachází ve venkovním prostředí na ocelové plošině se zastřešením za kompresorovou stanicí dusíku v oblasti závodu vysoké pece.

Tab. 6.9.1 Popis mimořádné události 7

Mimořádná událost:	Havárie směsné stanice zemního plynu a dusíku
Provozní oblast:	Vysoké pece
Technologický úsek:	Směsná stanice zemního plynu a dusíku

Polohu směsné stanice zemního plynu a dusíku zobrazuje obr. 6.9.1.



Obr. 6.9.1 Směsná stanice zemního plynu a dusíku

Popis technologického úseku

Směsná stanice je technologické zařízení určené k míchání zemního plynu a dusíku. Hlavní funkcí je zajištění dodávky směsného plynu do rozvodu vysokopecního plynu v podniku, pokud dojde k situaci, že je společnost nucena odstavit poslední provozovanou vysokou pec nebo pokud dojde k technologickému výpadku a v obou případech je tedy v potrubním systému nedostatek vysokopecního plynu.

Vysokopecní plyn vzniká jako odpadní produkt při výrobě železa ve vysokých pecích. Tento plyn je rozváděn pouze po omezené oblasti podniku s ohledem na jeho nebezpečné vlastnosti. V rozvodu vysokopecního plynu za běžného provozu je přetlak v rozmezí 4,0 – 8,0 kPa, kdy minimální je 2,5 kPa a maximální 9,5 kPa. Pokud dojde k výše uvedeným, skutečností přerušení dodávky vysokopecního plynu do rozvodů, dojde k poklesu přetlaku plynu v rozvodech. Při této situaci je nutné okamžitě zabránit podtlaku v tomto rozvodu vysokopecního plynu. V opačném případě by došlo k tvorbě výbušné směsi v potrubí. Vysokopecní plyn musí být okamžitě nahrazen směsným plynem. Tento směsný plyn vzniká smícháním zemního plynu s nízkotlakým dusíkem na výhřevnost vysokopecního plynu v poměru 1: 9,761.

Směsná stanice je ovládána z počítače, případně řízeným odstavením ze skříňky místního ovládání, která je umístěná na ovládací plošině směsné stanice.

Přívod zemního plynu pro směsnou stanici je tvořen potrubím DN 50 pro regulaci vysokopecního plynu. Přívod dusíku pro směsnou stanici je tvořen potrubím DN 500 pro kompresorovou stanici závodu 12 přímo na ovládací plošině.

Potrubí směsného plynu DN 500 navazuje na potrubí nízkotlakého dusíku. Součástí tohoto rozvodu je zařízení, tzn. směšovač, který slouží k míchání zemního plynu a nízkotlakého dusíku.

V rámci posuzovaného technologického celku směsné stanice je v případové stanici jako potenciální zdroj havárie stanoven potrubní rozvod směsného plynu. Vlastnosti potrubního vedení jsou uvedeny v tab. 6.9.2.

Tab. 6.9.2 Vlastnosti potrubního vedení směsného plynu

Plyn	Délka potrubí	Průměr	Přetlak	Teplota
Směsný plyn	1 km	DN 500	4 kPa	20 °C

Scénáře mimořádné havárie

Na základě vyhodnocení jsou uvažovány tyto scénáře mimořádné havárie:

- rozptyl po úniku směsného plynu do ovzduší, tvorba mraku a následné šíření mraku v závislosti na směru větru,
- tryskový požár po úniku směsného plynu – jet fire.

Mezi možné příčiny rozvoje této mimořádné události patří:

- poškození potrubní trasy z důvodu velké netěsnosti nebo úplného roztržení potrubí.

6.10 Havárie zásobníků na plynný vodík

Poloha technologického úseku

Zásobníky na plynný vodík jsou umístěny v prostorech v provozní části závodu energetika. Zásobníky jsou situovány ve venkovním prostředí v blízkosti chladicích věží.

Tab. 6.10.1 Popis mimořádné události 8

Mimořádná událost:	Havárie zásobníků na plynný vodík
Provozní oblast:	Vysoké pece
Technologický úsek:	Zásobníky na plynný vodík

V areálu této provozní oblasti pracuje zhruba 40 zaměstnanců, kteří mohou být ohroženi potenciální mimořádnou havárií. Zásobníky na vodík zobrazuje obr. 6.10.1.



Obr. 6.10.1 Zásobníky na plynný vodík

Popis technologického úseku

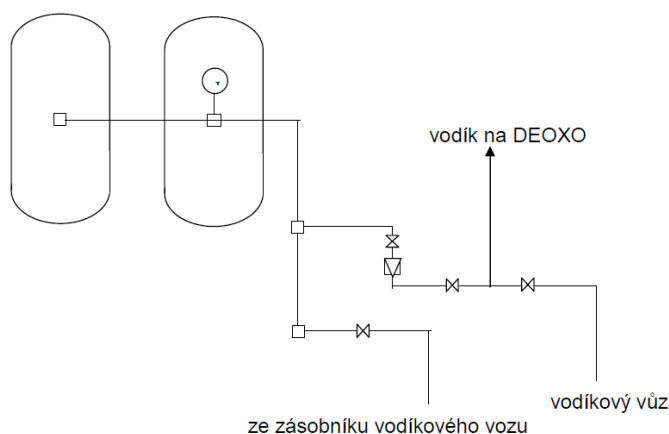
Zásobníky na plyný vodík jsou určeny ke skladování vodíku pro výrobu čistého argonu. Zařízení představuje dva zásobníky, ovládací armatury, přídavné zařízení a měřicí přístroje.

Hlavní parametry zásobníků na plyný vodík jsou uvedeny v tab. 6.10.2.

Tab. 6.10.2 Parametry zásobníků na plyný vodík

Parametr	Hodnota
Objem	3000 l
Pracovní přetlak	22 MPa

Schéma tlakových zásobníků vodíku je uvedeno na obr. 6.10.2.



Obr. 6.10.2 Schéma zásobníků na plyný vodík [59]

Fyzikálně – chemické vlastnosti a technicko – bezpečnostní parametry vodíku jsou uvedeny v kapitole č. 6.2.

Scénáře mimořádné havárie

Na základě vyhodnocení jsou uvažovány tyto scénáře mimořádné havárie:

- únik vodíku s následným vznikem tryskového požáru – jet fire,
- vývoj explozivní směsi po úniku vodíku – V. C. E..

Mezi možné příčiny rozvoje této mimořádné události patří:

- utržení výstupního potrubí zásobníku způsobené velkou netěsností nebo jeho roztržení,
- malá trhlina na stěně zásobníku vodíku, kdy dojde k úniku otvorem.

6.11 Havárie potrubí zemního plynu na kontilití

Poloha technologického úseku

Uvažované potrubí se zemním plynem se nachází v objektu plynulého odlévání oceli č. 2 v areálu provozního závodu ocelárna.

Tab. 6.11.1 Popis mimořádné události 9

Mimořádná událost:	Havárie potrubí zemního plynu na kontilití
Provozní oblast:	Ocelárna
Technologický úsek:	Rozvody zemního plynu pro vysokoteplotní ohřevy výlevek na zařízení pro plynulé odlévání oceli

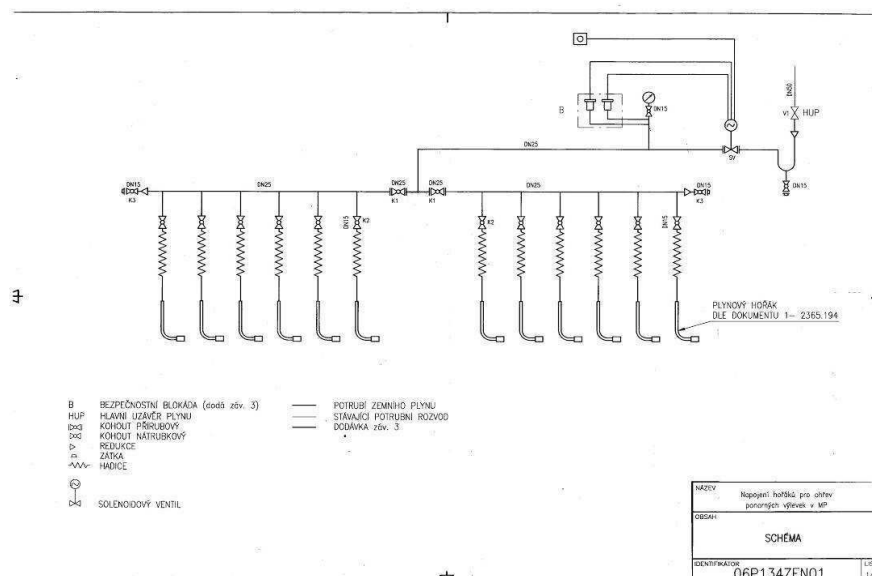
Technologické potrubí je vedeno ve vnitřním prostoru objektu. V provozních částech zařízení pro plynulé odlévání oceli pracuje zhruba 25 zaměstnanců. Objekt zařízení pro plynulé odlévání oceli je zobrazen na obr. 6.11.1.



Obr. 6.11.1 Budova zařízení pro plynulé odlévání oceli

Popis technologického úseku

Potrubí zemního plynu slouží k ohřevu ponorných výlevek v mezipánvích. Pro ohřev jedné mezipánve je použito celkem šest plynových hořáků. Zařízení jsou osazena na nulové hutní úrovni. Plyn je veden ve vysokotlakém potrubí s maximálním přetlakem 0,6 MPa. Stávající potrubní systém představuje technologicky složitý celek, který je zobrazen na obr. 6.11.2.



Obr. 6.11.2 Potrubní systém rozvodu zemního plynu u zařízení pro plynulý odlévání oceli [59]

S ohledem na zvýšenou teplotu pracovního prostředí jsou potrubní rozvody opatřeny tepelně izolačním pouzdrem s hliníkovým polepem a jsou chráněny proti ohřátí ochrannými plechy.

V rámci posuzovaného technologického celku plynovodu zemního plynu je v případové studii jako potenciální zdroj havárie stanoven potrubní rozvod přímo napojen na výlevky. Vlastnosti potrubního vedení jsou uvedeny v tab. 6.11.2.

Zemní plyn je technický plyn s fyzikálně – chemickými vlastnostmi a technicko – bezpečnostními parametry uvedenými v kapitole č. 6.2.

Tab. 6.11.2 Vlastnosti potrubního vedení zemního plynu

Plyn	Délka potrubí	Průměr	Tlak	Teplota
Zemní plyn	25 m	DN 25	0,6 MPa	20 °C

Scénáře mimořádné havárie

Na základě vyhodnocení jsou uvažovány tyto scénáře mimořádné havárie:

- rozptýl po úniku zemního plynu, tvorba mraku a následné šíření mraku v závislosti na směru větru,
- tryskový požár po úniku zemního plynu – jet fire,
- vývoj explozivní směsi po úniku zemního plynu – V. C. E..

Mezi možné příčiny rozvoje této mimořádné události patří:

- poškození potrubní trasy z důvodu velké netěsnosti nebo úplného roztržení potrubí.

6.12 Havárie potrubí směsného plynu na hrubé válcovně

Poloha technologického úseku

Uvažované potrubí se směsným plynem se nachází v objektu hrubé válcovny v areálu provozního závodu válcovny. Technologické potrubí je vedeno ve vnitřním prostoru objektu.

Tab. 6.12.1 Popis mimořádné události 10

Mimořádná událost:	Havárie potrubí směsného plynu na hrubé válcovně
Provozní oblast:	Válcovny
Technologický úsek:	Rozvody směsného plynu pro ohřívací pec na hrubé válcovně

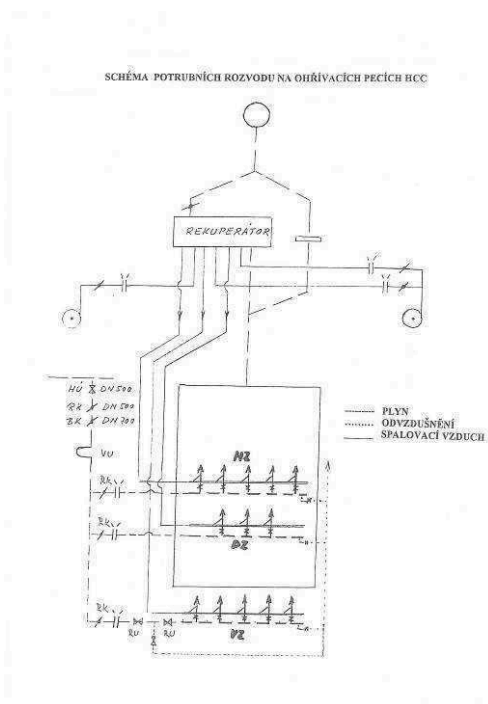
V provozních částech Hrubé válcovny pracuje zhruba 35 zaměstnanců.

Popis technologického úseku

Potrubí směsného plynu slouží jako topné médium pro ohřívací pec, která slouží pro ohřev kontisliček na válcovací teplotu cca 1300°C. Pro ohřev se používají dvě pece. Směsný plyn je přiveden potrubím od hlavního plynového řádu DN 2 000. Ohřívací pec je zobrazena na obr. 6.12.1. Stávající potrubní systém představuje technologicky složitý celek, který je zobrazen na obr. 6.12.2.



Obr. 6.12.1 Ohřívací pec na hrubé válcovně



Obr. 6.12.2 Potrubní systém směsného plynu pro ohřívací pec hrubé válcovny [59]

V rámci posuzovaného technologického celku plynovodu směsného plynu je v případové studii jako potenciální zdroj havárie stanovena odbočka přímo napojená na ohřívací pec hrubé tratě. Směsný plyn je hutní plyn s fyzikálně – chemickými vlastnostmi a technicko – bezpečnostními parametry uvedenými v kapitole č. 6.2. Vlastnosti potrubního vedení jsou uvedeny v tab. 6.12.2.

Tab. 6.12.2 Vlastnosti potrubního vedení směsného plynu

Plyn	Délka potrubí	Průměr	Tlak	Teplota
Směsný plyn	200 m	DN 500	3,5 kPa	20 °C

Scénáře mimořádné havárie

Na základě vyhodnocení jsou uvažovány tyto scénáře mimořádné havárie:

- rozptyl po úniku směsného plynu s obsahem CO do ovzduší, tvorba toxického mraku a následné šíření mraku v závislosti na směru větru,
- tryskový požár po úniku směsného plynu – jet fire,
- vývoj explozivní směsi po úniku směsného plynu – V. C. E..

Mezi možné příčiny rozvoje této mimořádné události patří:

- poškození potrubní trasy z důvodu velké netěsnosti nebo úplného roztržení potrubí.

6.13 Havárie potrubí směsného plynu na kontidrátové trati

Poloha technologického úseku

Uvažované potrubí se směsným plynem se nachází v objektu kontidrátové trati v areálu provozního závodu válcovny. Technologické potrubí je vedeno ve vnitřním prostoru objektu.

Tab. 6.13.1 Popis mimořádné události 11

Mimořádná událost:	Havárie potrubí směsného plynu na kontidrátové trati
Provozní oblast:	Válcovny
Technologický úsek:	Rozvody směsného plynu pro narážecí pec na kontidrátové trati

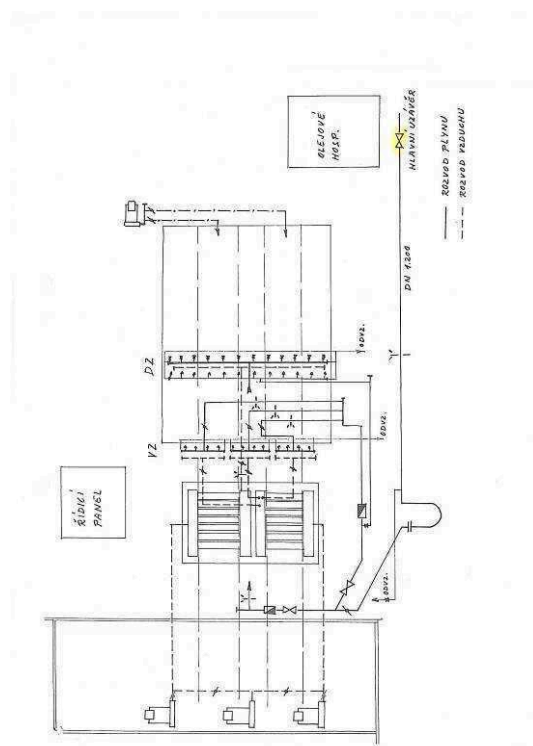
V provozních částech Kontidrátové trati pracuje zhruba 25 zaměstnanců.

Popis technologického úseku

Potrubí směsného plynu slouží jako topné médium pro narážecí pec, která se používá pro ohřev sochorů. Studené sochory jsou do pece zaváženy bočním valníkem. Po zavedení sochoru do pece je tento s celou vsázkou potlačen do přední části pece. Sochory jsou po projití pecí a ohřátí na válcovací teplotu vytlačovány bočním výtlačným zařízením do válcovací tratě. Konstrukce pece je provedena jako dvojzónová svážná se sklonem nístěje 7°38'. Obr. 6.13.1. zobrazuje narážecí pec. Stávající potrubní systém představuje technologicky složitý celek, který je zobrazen na obr. 6.13.2.



Obr. 6.13.1 Narážecí pec na kontidrátové trati



Obr. 6.13.2 Potrubní systém směsného plynu pro nárazecí pec kontidrátové trati [59]

V rámci posuzovaného technologického celku plynovodu směsného plynu je v případové studii jako potenciální zdroj havárie stanovena odbočka přímo napojená na nárazecí pec kontidrátové tratě. Směsný plyn je hutní plyn s fyzikálně – chemickými vlastnostmi a technicko – bezpečnostními parametry uvedenými v kapitole č. 6.2. Vlastnosti potrubního vedení jsou uvedeny v tab. 6.13.2.

Tab. 6.13.2 Vlastnosti potrubního vedení směsného plynu

Plyn	Délka potrubí	Průměr	Tlak	Teplota
Směsný plyn	200 m	DN 500	3,5 kPa	20 °C

Scénáře mimořádné havárie

Na základě vyhodnocení jsou uvažovány tyto scénáře mimořádné havárie:

- rozptyl po úniku směsného plynu s obsahem CO do ovzduší, tvorba toxického mraku a následné šíření mraku v závislosti na směru větru,
- tryskový požár po úniku směsného plynu – jet fire,
- vývoj explozivní směsi po úniku směsného plynu – V. C. E..

Mezi možné příčiny rozvoje této mimořádné události patří:

- poškození potrubní trasy z důvodu velké netěsnosti nebo úplného roztržení potrubí.

6.14 Havárie potrubí směsného plynu na středojemné válcovně

Poloha technologického úseku

Uvažované potrubí se směsným plynem se nachází v objektu středojemné válcovny v areálu provozního závodu válcovny. Technologické potrubí je vedeno ve vnitřním prostoru objektu.

Tab. 6.14.1 Popis mimořádné události 12

Mimořádná událost:	Havárie potrubí směsného plynu na středojemné válcovně
Provozní oblast:	Válcovny
Technologický úsek:	Rozvody směsného plynu pro krokovou pec na středojemné válcovně

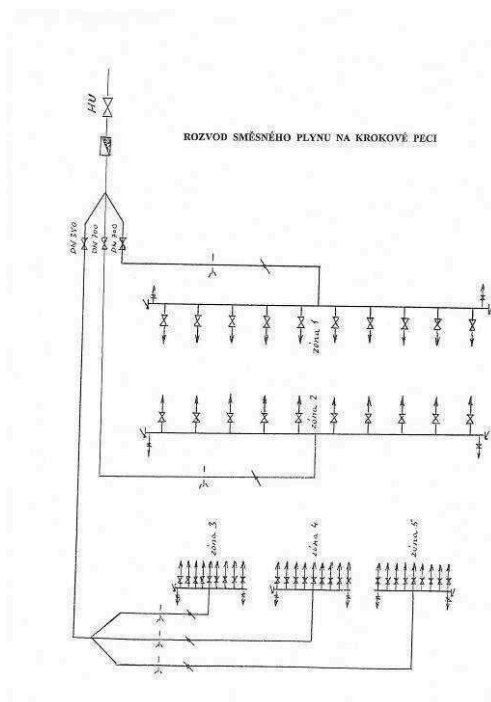
Objekt středojemné válcovny je značně rozsáhlý, kdy v jeho provozní části pracuje zhruba 30 interních zaměstnanců s možností přítomnosti 5 externích řidičů kamiónů provádějících expedici výrobků.

Popis technologického úseku

Potrubí směsného plynu slouží jako topné médium pro krokovou pec, která slouží pro ohřev kontislitků na válcovací teplotu, která je v rozmezí 1150 až 1250° C a rovněž k jejich dopravě od sázecích roštů až k první stolici 1. pořadí válcovací tratě. Kroková pec je uvedena na obr. 6.14.1. Směsný plyn je přiváděn ke krokové peci z výtlačné a směsné stanice. Stávající potrubní systém představuje technologicky složitý celek, který je zobrazen na obr. 6.14.2.



Obr. 6.14.1 Kroková pec na středojemné válcovně



Obr. 6.14.2 Potrubní systém směsného plynu pro krokovou pec na středojemné válcovně [59]

V rámci posuzovaného technologického celku plynovodu směsného plynu je v případové studii jako potenciální zdroj havárie stanovena odbočka plynovodu do haly středojemné válcovny. Směsný plyn je hutní plyn s fyzikálně – chemickými vlastnostmi a technicko – bezpečnostními parametry uvedenými v kapitole č. 6.2. Vlastnosti potrubního vedení jsou uvedeny v tab. 6.14.2.

Tab. 6.14.2 Vlastnosti potrubního vedení směsného plynu

Plyn	Délka potrubí	Průměr	Tlak	Teplota
Směsný plyn	150 m	DN 1000	6,5 kPa	20 °C

Scénáře mimořádné havárie

Na základě vyhodnocení jsou uvažovány tyto scénáře mimořádné havárie:

- rozptyl po úniku směsného plynu s obsahem CO do ovzduší, tvorba toxického mraku a následné šíření mraku v závislosti na směru větru,
- tryskový požár po úniku směsného plynu – jet fire,
- vývoj explozivní směsi po úniku směsného plynu – V. C. E..

Mezi možné příčiny rozvoje této mimořádné události patří:

- poškození potrubní trasy z důvodu velké netěsnosti nebo úplného roztržení potrubí.

6.15 Havárie plynojemu

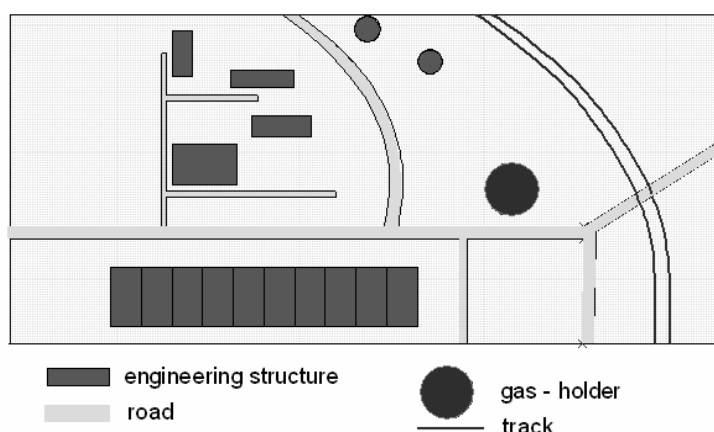
Poloha technologického úseku

Plynojem, ve kterém se skladuje koksárenský plyn se nachází v areálu společnosti v blízkosti provozních závodů, kde se pohybuje velký počet zaměstnanců. Plynojem je situován ve vzdálenosti 120 m západně a 54 m jižně od nejbližšího závodu.

Tab. 6.15.1 Popis mimořádné události 13

Mimořádná událost:	Havárie plynojemu
Provozní oblast:	Energetika
Technologický úsek:	Plynojem koksárenského plynu

Uvažovaný závod je v nepřetržitém pracovním režimu, kde je na každé směně 25 zaměstnanců. Přesnou polohu plynojemu zobrazuje obr. 6.15.1.



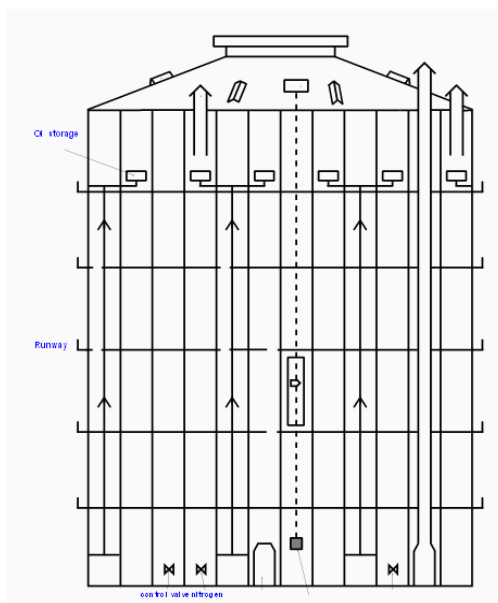
Obr. 6.15.1 Poloha plynojemu v rámci uvažované společnosti

Popis technologického úseku

Plynojem slouží jako zásobník pro uskladnění koksárenského plynu. Rovněž má funkci regulátoru pro nízkotlaké rozvody v areálu uvažované společnosti. Z hlediska bezpečného a spolehlivého provozu plynojemu je nutné, aby byl do plynojemu přiváděn plyn vyčištěný na předepsané parametry.

Suchý plynojem je 24 – boké těleso, dole ukončené plochým dnem a nahoře střechou se vzdušníkem. Uvnitř plynojemu se pohybuje píst směrem nahoru a dolů a uzavírá plynový prostor. Při plnění plynojemu přetlak plynu překoná váhu pístu a píst se pohybuje směrem nahoru. Při odběru plynu píst vlastní vahou klesá směrem dolů a vytlačuje plyn do plynových rozvodů. Konstantní přetlak plynu vytváří váha pístu včetně oleje a závaží.

V grafické podobě je plynojem vyobrazen na obr. 6.15.2 a 6.15.3.



Obr. 6.15.2 Schématické znázornění plynojemu [59]



Obr. 6.15.3 Podoba plynojemu

Hlavní parametry tohoto plynojemu jsou uvedeny v tab. 6.15.2.

Tab. 6.15.2 Parametry plynojemu

Parametr	Hodnota
Objem	150 000 m ³
Délka strany	7000 mm
Poloměr vnitřní	26 585 mm
Poloměr vnější	26 815 mm
Výška	85 626 mm
Přetlak	3.2 ± 0.2 kPa
Rychlovýpusť DN 1 000	1
Počet horních odfukovacích (havarijních) potrubí	4
Počet ochozů na plášti	5
Počet zásobníků oleje	12
Vnitřní výtah	1
Vnější výtah	1

Koksárenský plyn je hutní plyn vznikající jako odpadní produkt při výrobě koksu v koksárenských bateriích z černého uhlí. Fyzikálně – chemické vlastnosti a technicko – bezpečnostní parametry jsou uvedeny v kapitole č. 6.2.

Scénáře mimořádné havárie

Na základě vyhodnocení jsou uvažovány tyto scénáře mimořádné havárie:

- rozptyl po úniku koksárenského plynu s obsahem CO do ovzduší, tvorba toxického mraku a následné šíření mraku v závislosti na směru větru,
- bleskový požár – flash fire.

Mezi možné příčiny rozvoje této mimořádné události patří:

- malá trhlina na plynojemu nebo připojeném potrubí nebo netěsnost ventilu, kdy dojde k úniku otvorem do 20 cm.

6.16 Havárie rozvodu na plyn propan – butan

Poloha technologického úseku

Systém rozvodu plynného propan – butanu je umístěn v budově hutních a chemických laboratoří, které představují podpůrné procesy v podniku.

Tab. 6.16.1 Popis mimořádné události 14

Mimořádná událost:	Havárie rozvodu na plyn propan – butan
Provozní oblast:	Ostatní provozní oblasti
Technologický úsek:	Rozvody propan – butanu pro tavicí pec

V provozní oblasti pracuje zhruba 20 zaměstnanců, kteří mohou být ohroženi potenciální mimořádnou havárií.

Popis technologického úseku

Plynný rozvod propan – butanu je určen pro vytápění tavicí pece. Systém začíná u tlakové stanice argonu a je ukončen v plynové tavicí peci, pro kterou je prioritně určen jako zdroj energie. Systém je tvořen tlakovou láhví a systémem potrubí. Systém je veden venkovním prostředím s následným prostupem do budovy objektu. Průchody plynového potrubí jsou přes zdi vedeny v ochranném potrubí.

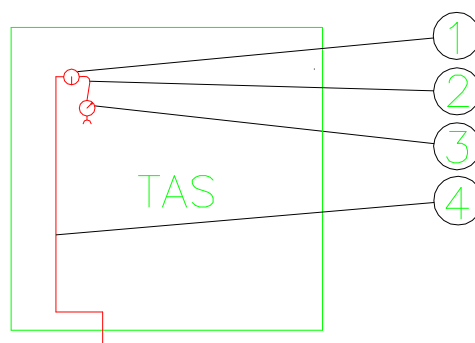
Propan – butan je technický plyn s fyzikálně – chemickými vlastnostmi a technicko – bezpečnostními parametry uvedenými v kapitole č. 6.2. Vlastnosti potrubního vedení jsou uvedeny v tab. 6.16.2.

Tab. 6.16.2 Vlastnosti potrubního vedení propan – butanu

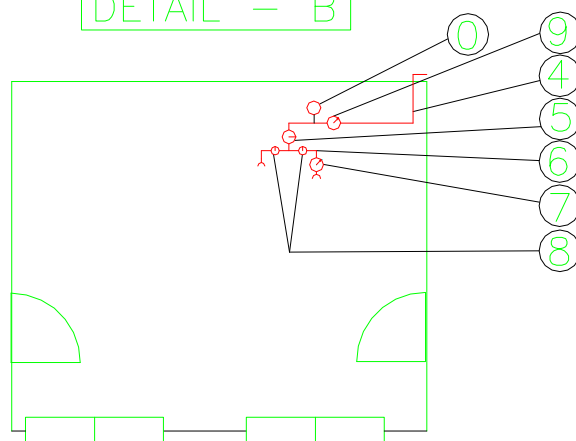
Plyn	Délka potrubí	Průměr	Tlak	Teplota
Propan – butan	25 m	22 mm	5 bar	20 °C

Schéma potrubního rozvodu plynného propan – butanu je v detailu uvedeno na obr. 6.16.1.

DETAIL – A



DETAIL – B



- 1 - Hlavní přívodní ventil
- 2 - PB hadice
- 3 - Regulační ventil s manometrem
- 4 - Měděné potrubí
- 5 - Uzavírací koncový ventil
- 6 - PB hadice
- 7 - Regulační ventil pro nouzový režim
- 8 - Připojovací ventily
- 9 - Sekundární regulační ventil GOK 01
- 0 - Kontrolní manometr s vymezeným rozsahem $0,62 \pm 0,07$ bar

Obr. 6.16.1 Schéma plynného rozvodu propan – butanu v detailu [59]

Scénáře mimořádné havárie

Na základě vyhodnocení jsou uvažovány tyto scénáře mimořádné havárie u potrubního rozvodu:

- únik propan – butanu s následným vznikem tryskového požáru – jet fire,
- únik propan – butanu s následným vznikem výbušné reakce – V.C.E..

Mezi možné příčiny rozvoje této mimořádné události patří:

- malá trhlina na stěně potrubí propan – butanu, kdy dojde k úniku otvorem.

6.17 Havárie acetylenu z tlakové lahve ve skladu technických plynů

Poloha technologického úseku

Sklad technických plynů je situován v jižní části uvažované společnosti a je součástí skladového hospodářství podniku. V areálu tohoto skladu se mimo tento nachází sklad barev a chemie, sklad ředidel a sklad olejů.

Tab. 6.17.1 Popis mimořádné události 15

Mimořádná událost:	Havárie acetylenu z tlakové lahve ve skladu technických plynů
Provozní oblast:	Ostatní provozní oblasti
Technologický úsek:	Sklad technických plynů

Ve skladů technických plynů se trvale skladují odděleně plné a prázdné lahve hlavních technických plynů jako je acetylen, dusík, medicínální kyslík, technický kyslík, vzduch, vodík, argon a inertní směsi plynů. V areálu, kde se sklad nachází pracuje 5 zaměstnanců. Samotný sklad technických plynů není trvale obsazen. Sklad technických plynů je zobrazen na obr. 6.17.1 s vyobrazením tlakových lahví na obr. 6.17.2.



Obr. 6.17.1 Sklad technických plynů



Obr. 6.17.2 Tlakové lahve umístěné ve skladu technických plynů

V rámci posuzovaného Skladu technických plynů je v případové studii jako potenciální zdroj havárie stanovena tlaková láhev acetylenu. Acetylén je technický plyn s fyzikálně – chemickými vlastnostmi a technicko – bezpečnostními parametry uvedenými v kapitole č. 6.2. V tlakové lahvi je rozpuštěn v rozpouštědle acetonu.

Scénáře mimořádné havárie

Na základě vyhodnocení jsou uvažovány tyto scénáře mimořádné havárie:

- roztržení tlakové lahve a její odlet do okolních prostorů.

Mezi možné příčiny rozvoje této mimořádné události patří:

- zvýšení teploty pláště tlakové lahve.

6.18 Hodnocení vybrané mimořádné události

Tab. 6.18.1 prezentuje zpracovaný dotazník pro hodnocení mimořádné události havárie potrubí koksárenského plynu v oblasti údržby vysokých pecí. Ostatní zpracované dotazníky hodnocení mimořádných událostí jsou uvedeny v příloze B.

Tab. 6.18.1 Hodnocení mimořádné události

Mimořádná událost:	Havárie potrubí směsného plynu na kontidrátové trati		
Provozní oblast:	Válcovny	Závod:	Válcovny
Technologický úsek:	Rozvody směsného plynu pro narážecí pec na kontidrátové trati		
Popis:	Únik a následný výbuch potrubí směsného plynu napojeného na uzávěry u pece		
Lidé:	Počet osob v provozu: 25 zaměstnanci kontidrátové tratě, revizní technici Počet zraněných osob: 3 - 5 Počet smrtelných úrazů: 0 Popis: Zranění osob vykonávajících obsluhu narážecí pece a revizních techniků.		
Životní prostředí:	Dojde k úniku zdraví škodlivých látek v areálu: Ano Dojde k úniku zdraví škodlivých látek mimo areál podniku: Ne Náklady spojené s dekontaminací a čištěním (Kč): 250 - 500 tisíc Popis: Havárie nezpůsobí podstatné škody na životním prostředí.		
Stavební konstrukce:	Majetkové ztráty na stavebních konstrukcích a technologii (Kč): 1 - 3 mil. Majetkové ztráty na okolních stavebních konstrukcích, které by byly poškozeny v důsledku havárie (Kč): 100 - 200 tis. Popis: Poškození samotného potrubí, narážecí pece.		
Technická infrastruktura:	Způsobí havárie poškození infrastruktury: Ano Jaké: Rozvody plynů Ztráty způsobené v důsledku poškození infrastruktury (Kč): 250 - 400 tisíc Popis: Poškození rozvodů plynů.		
Technologie:	Jak dlouho ovlivní výpadek části technologie v důsledku havárie kontinuitu výroby (počet dnů): 2 - 4 Ztráty způsobené za 1 den v důsledku přerušení kontinuity výroby (Kč): 200 - 300 tisíc Popis: Vynaložení nákladů na opravu potrubí.		
Poznámka:			

Hodnocení:

Posuzované kritérium/Experti	Expert 1		Expert 2		Expert 3		Expert 4	
	slovní hodnocení	hodnota	slovní hodnocení	hodnota	slovní hodnocení	hodnota	slovní hodnocení	hodnota
Lidé	Střední	3	Střední	3	Střední	3	Střední	3
Životní prostředí	Velmi nízká	1	Velmi nízká	1	Nízká	2	Velmi nízká	1
Stavební konstrukce	Nízká	2	Střední	3	Střední	3	Nízká	2
Technická infrastruktura	Velmi nízká	1	Nízká	2			Nízká	2
Technologie	Velmi nízká	1	Nízká	2			Nízká	2

7 Diskuze výsledků

Práce se v úvodních kapitolách zabývá současným stavem problematiky a motivací k řešení řízení rizik mimořádných událostí požáru a výbuchu v podnicích hutního průmyslu. Kapitola zvolené metody zpracování rozvádí teorii k managementu rizik a teoretické vztahy modelování požárů a explozí, které jsou nutné pro použití metodiky. Následující kapitola obsahuje navrženou metodiku, která je poté validována na případové studii v hutní společnosti.

Při zpracování případové studie se postupovalo dle jednotlivých kroků navržené metodiky. Tým expertů pro hodnocení konkrétních mimořádných událostí a vah kritérií byl stejný. Expertní tým zahrnoval čtyři členy: vedoucího týmu, bezpečnostního technika, pracovníka investic (ekonomu) a technika posuzovaného provozu.

Při zpracování případové studie v hutní společnosti se vycházelo z provozní dokumentace technologie, dokumentace ochrany před výbuchem, dokumentace požární ochrany Hasičského záchranného sboru podniku a u vybraných případů byly provedeny výpočetní simulace v programech EFFECTSGIS, ALOHA a TerEx.

Pro případovou studii bylo zvoleno celkově patnáct konkrétních případů v hutní společnosti, které odpovídaly jednotlivým technologickým částem stanovených v metodice. Pro další případy identifikace technologických částí, kde může vzniknout mimořádná událost vzniku požáru nebo výbuchu je vhodné využít informací z projektu ARAMIS [4].

Pro určení zranitelnosti podniku byly u posuzovaného kritéria v případové studii z vybraných technologických úseků vyhodnoceny tři nejhorší případy: plynojem, zásobníky na vodík a benzolové nádrže. Tyto dosahují úrovně střední a představují největší potenciální zdroj rizika, případně zranitelnosti podniku v posuzované oblasti. Z pohledu provozních oblastí jsou výsledky s největším zdrojem rizika uvedeny v tab. 7.1.

Tab. 7.1 Největší zdroje rizika z pohledu provozních oblastí

Provozní oblasti	Technologický úsek
Koksovna	Nádrže uskladňující surový koksárenský benzol
Vysoké pece	Zásobníky na plyný vodík
Ocelárna	Rozvody zemního plynu pro vysokoteplotní ohřevy výlevek na zařízení pro plynulé odlévání oceli
Válcovny	Rozvody směsného plynu pro krokovou pec na Středojemné válcovně
Energetika	Plynojem koksárenského plynu
Ostatní provozní oblasti	Rozvody propan – butanu pro tavicí pec

Celkové pořadí dle velikosti rizika u technologických částí v hutním podniku uvádí tab. 7.2.

Tab. 7.2 Vyhodnocení posuzovaného rizika

Technologický úsek	Provozní oblast	Stupeň hodnocení
Plynojem koksárenského plynu	Vysoké pece	Střední
Zásobníky na plyný vodík	Energetika	Střední
Nádrže uskladňující surový koksárenský benzol	Koksovna	Střední
Rozvody směsného plynu pro krokovou pec na Středojemné válcovně	Válcovny	Nízká
Rozvody propan – butanu pro tavicí pec	Ostatní provozní oblasti	Nízká
Rozvody směsného plynu pro ohřívací pec na hrubé válcovně	Válcovny	Nízká
Rozvody koksárenského plynu	Vysoké pece	Nízká
Rozvody směsného plynu pro narážecí pec na Kontidrátové trati	Válcovny	Nízká
Rozvody koksárenského plynu	Koksovna	Nízká
Rozvody vysokopečního plynu	Vysoké pece	Nízká
Rozvody zemního plynu	Vysoké pece	Nízká
Rozvody zemního plynu pro vysokoteplotní ohřevy výlevek na zařízení pro plynulé odlévání oceli	Ocelárna	Velmi nízká
Regulační stanice zemního plynu	Vysoké pece	Velmi nízká
Směsná stanice zemního plynu a dusíku	Vysoké pece	Velmi nízká
Sklad technických plynů	Ostatní provozní oblasti	Velmi nízká

Dále bylo vyhodnoceno posuzované riziko podle jednotlivých kritérií, které je uvedeno v tab. 7.3. Provedené hodnocení mimořádných událostí je uvedeno v přílohách D až J.

Tab. 7.3 Vyhodnocení dle kritérií

Kritérium	Technologický úsek
Lidé	Plynojem koksárenského plynu
Životní prostředí	Plynojem koksárenského plynu
Stavební konstrukce	Plynojem koksárenského plynu
Technická infrastruktura	Rozvody koksárenského plynu, Koksovna Rozvody koksárenského plynu, Vysoké pece
Technologie	Zásobníky na plynný vodík

Snížení zranitelnosti podniku se může v rámci řízení rizika požáru a výbuchu zaměřit na tři nejhorší případy, které by měly být zohledněny v plánu investičního rozvoje. Konkrétně u plynojemů je navržena instalace detektorů na přítomnost plynu CO u vzdušníku plynojemů. U zásobníků na vodík je doporučena náhrada stávajících zásobníků za jiný typ a u nádrží na koksárenský benzol se navrhuje zařízení pro snížení množství uniklého benzolu do okolního prostředí. K provedení aktualizace hodnocení míry rizika je však nutné znát technické řešení opatření.

Pro podporu vytvořené metodiky je vytvořen program RAOS, který je napsán v jazyku C# [48] a naprogramován ve vývojovém prostředí [47]. Uživatelské rozhraní tohoto programu s vyplněnými daty je zobrazeno na obr. 7.1. a 7.2. Výpočetní program byl použit pro zpracování případové studie.

Výsledky z provedeného výzkumu vycházejícího z případové studie je možné uplatnit v jejich použití jako výchozích nebo srovnávacích hodnot u posuzování podobných podniků hutního průmyslu. Jedná se například o celkové hodnocení a dílčí hodnocení mimořádných událostí. Jiné vybrané hutní společnosti, které jsou součástí nadnárodní korporace, mohou využít uvedenou metodiku. Jedná se o provozní jednotky např. v Polsku, s podobným charakterem, resp. rozsahem výroby, stářím technologických zařízení. Mezi důležité výsledky patří také zjištění, že u provozních jednotek, kde není celý výrobní cyklus primární a sekundární výroby oceli (chybí plynojem a benzolové nádrže) je riziko mimořádné události vzniku požáru a výbuchu výrazně nižší. V případě uvažované nadnárodní společnosti se jedná např. o provozní jednotky Krakov a Sosnowiec, kde jsou pouze vybrané části technologie výroby oceli.

Risk Analysis of Safety

Soubor Nastavení Nápověda

Seznam mimořádných událostí

Načti mimořádnou událost a aktualizuj data

- (3) Havárie potrubí zemního plynu v oblasti skladu mot...
- (4) Havárie potrubí vysokopečního plynu v oblasti údrž...
- (5) Havárie potrubí koksárenského plynu v oblasti údr...
- (6) Havárie regulační stanice zemního plynu - Vysoké p...
- (7) Havárie směsné stanice zemního plynu a dusíku - V...
- (8) Havárie zásobníků na plyný vodík - Vysoké pece
- (9) Havárie potrubí zemního plynu na Kontiliti - Ocelárn...
- (10) Havárie potrubí směsného plynu na hrubé válcov...
- (11) Havárie potrubí směsného plynu na kontidráťové t...
- (12) Havárie potrubí směsného plynu na středojemné...
- (13) Havárie plynojemu - Energetika

Informace o mimořádné události

Číslo mimořádné události: 5

Název mimořádné události: Havárie potrubí koksárenského plynu v oblasti údržby vysokých pecí

Závod: Vysoké pece

Technologický úsek: Rozvody koksárenského plynu

Mimořádná událost

Zadaní hodnot Uprav informace Nová havarie Smazat havarii Posuň nahoru Posuň dolů

Kriterium	Expert 1	Expert 2	Expert 3	Expert 4	Expert 5
A. Lidé	3	2	2	2	
B. Životní prostředí	1	1	2	2	
C. Stavební konstrukce	1	2	2	1	
D. Technická infrastruktura	3	3		2	
E. Technologie	3	4		3	

Celkové hodnocení mimořádné události je: Nízké

12.1.2012 Operační systém Windows verze 5

Obr. 7.1 Počítačový program – 1

Risk Analysis of Safety

Soubor Nastavení Nápověda

Seznam mimořádných událostí

Načti mimořádnou událost a aktualizuj data

- (6) Havárie regulační stanice zemního plynu - Vysoké p...
- (7) Havárie směsné stanice zemního plynu a dusíku - V...
- (8) Havárie zásobníků na plyný vodík - Vysoké pece
- (9) Havárie potrubí zemního plynu na Kontiliti - Ocelárn...
- (10) Havárie potrubí směsného plynu na hrubé válcov...
- (11) Havárie potrubí směsného plynu na kontidráťové t...
- (12) Havárie potrubí směsného plynu na středojemné...
- (13) Havárie plynojemu - Energetika
- (14) Havárie rozvodu na plyn propan - butan - Huti a c
- (15) Havárie acetylenu z tlakové láhve ve skladu techn...

Informace o mimořádné události

Číslo mimořádné události: 8

Název mimořádné události: Havárie zásobníků na plyný vodík

Závod: Vysoké pece

Technologický úsek: Zásobníky na plyný vodík

Mimořádná událost

Zadaní hodnot Uprav informace Nová havarie Smazat havarii Posuň nahoru Posuň dolů

Kriterium	Expert 1	Expert 2	Expert 3	Expert 4	Expert 5
A. Lidé	4	4	3	3	
B. Životní prostředí	1	1	1	1	
C. Stavební konstrukce	2	4	4	3	
D. Technická infrastruktura	3	2		2	
E. Technologie	3	4		4	

Celkové hodnocení mimořádné události je: Střední

12.1.2012 Operační systém Windows verze 5

Obr. 7.2 Počítačový program – 2

V případové studii bylo zpracováno také variantní řešení, ve kterém se uvažovalo s fuzzy logikou, tzn. uvažovalo se s neurčitostí vstupních informací při hodnocení. Pro zpracování byl použit specializovaný software FuzzME [29], který je vyvinutý [74] a umožňuje

vytvoření modelů založených na vícekritériálním rozhodování s fuzzy logikou. Hodnocení kritérií pro studii bylo převzato z expertních posouzení, ale byla uvažována stupnice s fuzzy logikou. Výsledné pořadí a hodnocení uvádí obr. 7.3. V levé části obrázku jsou zobrazeny nadhledy výsledných fuzzy čísel (hodnocení) jednotlivých technologických částí, které vyjadřují nejistoty.

	13. Plynojem koksárenského plynu <i>střední</i>
	08. Zásobníky na plynný vodík <i>střední</i>
	01. Nádrže uskladňující surový koksárenský benzol <i>nízká až střední</i>
	12. Rozvody směsného plynu pro krokovou pec na středojemné válcovně <i>nízká až střední</i>
	14. Rozvody propan - butanu pro tavicí pec <i>nízká</i>
	05. Rozvody koksárenského plynu <i>nízká</i>
	10. Rozvody směsného plynu pro ohřívací pec na hrubé válcovně <i>nízká</i>
	11. Rozvody směsného plynu pro narážecí pec na kontidrátové trati <i>nízká</i>
	02. Rozvody koksárenského plynu <i>nízká</i>
	04. Rozvody vysokopecního plynu <i>nízká</i>
	03. Rozvody zemního plynu <i>nízká</i>
	09. Rozvody zemního plynu pro vysokoteplotní ohřevy výlevek na zařízení pro plynulé odlévání oceli <i>velmi nízká až nízká</i>
	06. Regulační stanice zemního plynu <i>velmi nízká až nízká</i>
	07. Směsná stanice zemního plynu a dusíku <i>velmi nízká až nízká</i>
	15. Sklad technických plynů <i>velmi nízká až nízká</i>

Obr. 7.3 Vybrané výsledky z případové studie s fuzzy logikou

Ve studii se vycházelo ze stupnice, která byla definována v teoretické části. Z praktického řešení případové studie z fuzzy logikou vyplynulo, že její použití je vhodné zejména při prvotním odhadu, kdy ještě není dostatek hodnocení expertů nebo v případech, kdy hodnocení expertů vykazuje velký rozptyl. Určitou nevýhodou je vyšší náročnost teoretických znalostí kladených na experty a vyšší složitost zpracování úlohy multikritériální analýzy ve fuzzy softwarech. Dalším důležitým aspektem řešení studie s fuzzy logikou je nastavení tvaru fuzzy čísla – vyjádření neurčitosti a fuzzy stupnice, kdy toto přímo ovlivňuje výsledky. Z těchto důvodů je vhodné věnovat uvedené problematice další výzkum. Případová studie s fuzzy logikou je obsahem přílohy C.

7.1 Přínosy disertační práce

Přínosem této disertační práce pro vědu je sestavení interdisciplinárního nástroje pro management rizik v průmyslu umožňující kvalifikovanější hodnocení rizik. Dosažené výsledky výzkumu jsou dokladovány dvěma články v recenzovaných časopisech a příspěvkem z konference, která byla zařazena do světové databáze SCOPUS.

Přínosem pro praxi je navržená metodika jako nástroj pro průmyslové podniky k efektivnímu řízení oblasti rizik spojených s mimořádnou událostí a tím snižování zranitelnosti podniku. Navržená metodika je také v souladu se současnými systémy řízení rizik, tzn. nezavádí se další systém v podniku, který by zvyšoval složitost řízení a administrativu. Uvedená metodika může být efektivním nástrojem zejména při sjednávání průmyslového pojištění nebo při posuzování nových investičních projektů.

Pro obor bezpečnostní inženýrství práce předkládá metodiku a software, které jsou využitelné v rámci výuky studentů ve cvičení např. předmětu Analýza a hodnocení rizik procesů. Z tohoto pohledu je přínosem vytvořený výpočetní program RAOS, který umožňuje snadné použití navržené metodiky. Výpočetní program může být také hodnoceným výsledkem vědy a výzkumu.

8 Závěr

Disertační práce se zabývá řízením rizik v oblasti mimořádných událostí požáru a výbuchu u podniků v hutním průmyslu. Samotný systém řízení rizik jako efektivní nástroj pro výkonný management je již znám celou řadu let. Samotná implementace systému řízení rizik však má celou řadu forem, které se liší především typem podnikatelské činnosti společnosti a druhem řízeného rizika. Práce se zaměřuje na oblast mimořádných událostí požáru a výbuchu u podniků v hutním průmyslu, protože se u nich užívá řada hořlavých a výbušných chemických látek a směsí v rámci technologických procesů. Pro uvedenou oblast je navržena metodika, která zahrnuje popis metodiky, popis jednotlivých kroků implementace, typické technologické části k posouzení a vývojový diagram.

V metodice jsou základními kritérii lidé, životní prostředí, stavební konstrukce, technická infrastruktura a technologie. Uvedená kritéria jsou posuzována skupinou expertů. Pro praktické použití je také připraven výpočetní program RAOS. Metodika je navržena v souladu se současně nejrozšířenějšími systémy Asset risk management (ARM) a Enterprise risk management (ERM) a standardem Risk Management Standard vydaným Federation of European Risk Management Associations – FERMA. Při vývoji metodiky se vycházelo z aplikace multikriteriální analýzy. Pro použití metodiky je také shrnuta teorie pokročilých modelů požáru a výbuchu, které jsou použity ve výpočetních programech.

Navržená metodika je aplikována a validována na případové studii v hutním podniku, který zahrnuje všechny technologické části při výrobě oceli. Konkrétně bylo v případové studii vybráno patnáct technologických částí, které se mohou dále využít jako referenční nebo srovnávací hodnoty při aplikaci uvedené metodiky.

Výzkum a dílčí výsledky byly prezentovány na Dnech tvůrčích činností Moravskoslezského kraje 2009 a 2010 v rámci řešených projektů podpořených Moravskoslezským krajem [D9] a [D15]. Projekty podpořené Moravskoslezským krajem umožnily prezentaci výzkumu na významných mezinárodních konferencích *ESREL* [D12, D16] a *International Conference on Soft Computing Technology in Civil, Structural and Environmental Engineering* [D6]. Výsledky výzkumu byly rovněž publikovány v recenzovaných časopisech *Stavebnictví* [D14] a *Journal of Safety Research and Applications* [D11]. Příspěvek z mezinárodní konference *ESREL* je zařazen do světové databáze SCOPUS [D16].

Další výzkum autorka zaměří na rozšíření metodiky na další oblasti řízení rizik spojených s bezpečnostním inženýrstvím, zahrnutí dalších modelů s fuzzy logikou do procesů řízení rizik a zvyšování bezpečnosti procesů a technologií u podniků v hutním průmyslu.

Literatura

- [1] AcuSafe - Incidents - Pasadent, Texas, 1989. [online]. [cit.30.3.2008]. URL: <http://www.acusafe.com/Incidents/PasadentTexas1989/incident_pasadenatexas1989.html>.
- [2] ALOHA, USER'S MANUAL, CAMEO, Washington, D.C.: U.S. Environmental Protection Agency, 195 s., 2007.
- [3] A risk management standard, FERMA. 2003. [online]. [cit. 1. 10. 2009]. URL:<<http://www.ferma.eu/>>.
- [4] ARAMIS Projekt, 2011. [online]. [cit. 1. 12. 2011]. URL:<<http://cat.inist.fr/?aModele=afficheN&cpsidt=17634185>>.
- [5] BARTLOVÁ, I., DAMEC, J. *Prevence technologických zařízení*. Ostrava: SPBI, Edice spektrum 30, 2002. (2012) ISBN 80-86634-10-8.
- [6] BARTLOVÁ, I. *SEVESO III*. Ostrava: SPBI, Edice spektrum, 2002. ISBN 80-86634-00-08.
- [7] BARTLOVÁ, I., BALOG, K. *Analýza nebezpečí a prevence průmyslových havárií I*. Ostrava: SPBI, Edice spektrum, 2007. ISBN 978-80-7385-005-0.
- [8] BARTLOVÁ, I., PEŠÁK, M. *Analýza nebezpečí a prevence průmyslových havárií II*. Ostrava: SPBI, Edice spektrum, 2003. ISBN 80-86634-30-2.
- [9] BEBČÁK, P. *Požárně bezpečnostní zařízení*. Ostrava: SPBI, Edice spektrum 30, 2004. ISBN 80-86634-34-5.
- [10] BELLMAN, R.E., ZADEH, L.A. *Decision-making in fuzzy environment*. Management SCi. 2007. 17 (4), pp 141-164.
- [11] BERNATÍK, A. *Prevence závažných havárií II*. Ostrava: SPBI, Edice spektrum, 2006. ISBN 80-86634-90-6.
- [12] BROŽOVÁ, H. *ZIP Rozhodovací modely a znalostní management*, Systém SMEP, Praha: ČZU, 2010. [online]. [cit. 1. 10. 2009]. URL:< http://etext.czu.cz/php/skripta/skriptum.php?titul_key=79> .
- [13] BROŽOVÁ, H., HOUŠKA, M., ŠUBRT, T. *Modely pro vícekritériální rozhodování*. Praha: ČZU. 2003.
- [14] BRUTSAERT, W. *Evaporation in the atmosphere, Theory, history and applications*, USA: D. Reidel, Higham, 1982.
- [15] CAMERON, I. T., RAGHU RAMAN. *Process Systems Risk Management. Process systems engineering*, San Diego, CA: Elsevier, 2005.
- [16] ČERNÝ, M., GLUCKAŮFOVÁ D. *Vícekritériální rozhodování za neurčitosti*. Praha: Academia. 1987.
- [17] ČSN EN ISO 9001. *Systémy managementu kvality - Požadavky*. Praha: Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, 2009.

- [18] ČSN EN ISO 14001. Systémy environmentálního managementu - Požadavky s návodem pro použití. Praha: Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, 2005.
- [19] ČSN OHSAS 18001. Systémy managementu bezpečnosti a ochrany zdraví při práci - Požadavky. Praha: Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, 2008.
- [20] DAMEC, J. *Protivýbuchová prevence*. Ostrava: SPBI, Edice spektrum 30, 1998. ISBN 80-86111-21-0.
- [21] DILLON, W.R., GOLDSTEIN, M. *Multivariate Analysis. Methods and Applications*, John Wiley & Sons, 1984.
- [22] EFFECTSGIS Version 5.5, *User and reference manual*. TNO Safety software Netherlands, 2003.
- [23] European Working Group on Multi-Criteria Decision Aid, 2002. [online]. [cit. 1. 9. 2002]. URL:< <http://www.inescc.pt/~ewgmcda> >.
- [24] Evropská směrnice rady č. 89/391/EHS. 1989.
- [25] FIALA, P., JABLONSKÝ, J., MAŇAS, M. *Vícekriteriální rozhodování*. Praha: VŠE. 1997.
- [26] FISHBURN, P.C. *Utility theory for decision-making*. New York: Wiley, 1990.
- [27] FREERK, A., L. *Multi-Criteria Decision Analysis via Ratio and Difference Judgement (Applied Optimization)*, 1 edition, Springer, 304 p., 1999. ISBN 978-0792356691.
- [28] FUCHS, P., VALIŠ, D., *Metody analýzy a řízení rizika*. Liberec: Technická univerzita Liberec. 2004.
- [29] Fuzzy Models of Multiple-Criteria Evaluation. [online]. [cit.15.10.2011]. URL:< <http://fuzzme.wz.cz> >.
- [30] GRECO, S., MATARAZZO, B., SLOWINSKI, R. *Rough sets theory for multicriteria decision analysis, European Journal of Operational Research*, vol. 129, pp.1-47, 2001.
- [31] GRECO, S., MATARAZZO, B., SLOWINSKI, R. *Dealing with missing data in rough set analysis of multi-attribute and multi-criteria decision problems, Decision Making: Recent Developments and Worldwide Applications*. Zanakakis, Doukkidis and Zopouniodis (Eds.) Kluwer Academic Pub. 2000.
- [32] HAIMES, Y. Y. Frontmatter, *Risk Modeling, Assessment, and Management*. John Wiley & Sons, Inc., Hoboken, NJ, USA., 2005, ISBN 9780471723905, doi: 10.1002/0471723908.
- [33] HASAL, P. [et al.] *Chemické inženýrství 1*. Praha: VŠCHT. 2007. ISBN 978-80-7080-002-7.
- [34] HENIG, M., BUCHANAN, J. Solving MCDM problems: process concepts, *Journal of multi – criteria decision analysis*, vol.5, pp.3-21, 1996.

- [35] HOUŠKA, M., *ZIP - Vícekriteriální rozhodování*, Systém SMEP. Praha: ČZU, 2010. [online]. [cit. 10. 9. 2010].
URL:< http://etext.czu.cz/php/skripta/skriptum.php?titul_key=79> .
- [36] HOVORKA, F. *Technologie chemických látek*. Praha: VŠCHT. 2005. ISBN 80-7080-588-9.
- [37] HWANG, C.L., YOON, K. *Multiple attribute Decision making: Methods and applications*, Spronger-Verlag, USA, 1981.
- [38] ILO-OSH 2001. *Guidelines on occupational safety and health management systems*.
Geneva: International Labour Office, 2001. ISBN 92-2-111634-4.
- [39] ISO/IEC Guide 73 Risk management. British Standards Institution. 2002.
- [40] JABLONSKÝ J. a kol. *Vícekriteriální optimalizace*. Praha: SPN (VŠE), 1986.
- [41] KEENEY, R.L., RAIFFA, H. *Decision with multiple objectives: preferences and value tradeoffs*, Wiley and Sons, 1976.
- [42] KIRCHSTEIGER, CH., CHRISTOU, M. D., PAPADAKIS, G. A., *Risk Assessment & Management in the Context of the Seveso II Directive*. Industrial safety series, Amsterdam: Elsevier, 1998.
- [43] LAI, Y.I., HWANG, C.L. *Multiple Objective Decision Making*. Berlin. Heidelberg. 1994. Springer – Verlag.
- [44] “Lees’ Loss Prevention in the Process Industries, Hazard identification, assessment and control”, Third Edition, Edited by Sam Mannan, Elsevier 2005, ISBN 0-7506-7555-1.
- [45] MERNA, T., AL-THANI FAISAL, F. *Risk management*. Brno: Computer Press, 2007, ISBN 978-80-251-1547-3.
- [46] Methods for the calculation of physical effects due to releases of hazardous materials (liquids and gases), “Yellow Book”, CPR 14E, third edition, TNO, 1997.
- [47] Microsoft Visual Studio. [online]. [cit.15.10.2011].
URL:< <http://www.microsoft.com>>.
- [48] NAGEL, N., a kol. *C# 2008, Programujeme profesionálně*. Brno: Computer Press, 2009. ISBN 978-80-251-2401-7, (Překlad DIRGA, D., a kol.).
- [49] Nařízení vlády č. 101/2005 Sb., Nařízení vlády o podrobnějších požadavcích na pracoviště a pracovní prostředí.
- [50] Nařízení vlády č. 362/2005 Sb., Nařízení vlády o bližších požadavcích na bezpečnost a ochranu zdraví při práci na pracovištích s nebezpečím pádu z výšky nebo do hloubky.
- [51] Nařízení vlády č. 406/2004 Sb., Nařízení vlády o bližších požadavcích na zajištění bezpečnosti a ochrany zdraví při práci v prostředí s nebezpečím výbuchu .
- [52] NENADÁL, J. A KOL. *Integrovaný systém řízení: praktická příručka pro managery jakosti, ekology a bezpečnostní techniky*. Praha: Dashöfer, 2006. ISBN 80-86897-02-8.

- [53] NOLAN, D., P., Safety and Security Review for the Process Industries, 2nd edition; Nolan, Dennis P., and Dennis P. Nolan. Safety and Security Review for the Process Industries Application of HAZOP, PHA and What-If Reviews. Norwich, NY: William Andrew, 2008.
- [54] ORAVEC, M. Vybrané kapitoly z manažerstva rizik I, Základy teórie rizik, Manažérstvo priemyselných havárií, Slovník pojmov. Nová Lesná: EQUILIBRIA, 2011. ISBN 978-80-89284-1-1.
- [55] ORAVEC, M., ROUDNÝ, R. Implementační akční plán, PS2 – Metody hodnocení a řízení rizik
- [56] PALEČEK, M. *Rizika na pracovišti a jejich hodnocení*. Bezpečnost a hygiena práce, 2000. č. 5-6, s. 54-56.
- [57] PAVLAČKA, O. *Fuzzy methods of decision making (in Czech)*. PhD thesis. Faculty of Science. Olomouc: Palacký University. 2007.
- [58] Podnikové dokumenty. Company technological documents. 2011.
- [59] Podnikové interní dokumenty (Dokumentace provozních řádů). 2011.
- [60] Process Safety management. Standard. OSHA 1910.119.
- [61] REYNOLDS, R.M. *ALOHA Theoretical description*. Draft Technical Memorandum NOS ORCA-65 Hazardous materials response and assessment division (HMRAD) of the national oceanic and atmospheric administration (NOAA). Seattle. 1992.
- [62] RiskGlossary, 2009. [online]. [cit. 15. 6. 2009]. URL:< <http://www.riskglossary.com> >.
- [63] Risk Management - ICS - Internal Control System, 2009. [online]. [cit. 1. 10. 2009]. URL:< <http://www.rmrisk.ch/> >.
- [64] *Risk Management Glossary*. New York: Risk Management Society Publishing Inc. 82 s, 1985.
- [65] ROMMELFANGER, H. *Fuzzy Decision Support Systeme*. Berlin. Heidelberg. 1988. Springer – Verlag.
- [66] SADHRA, S.S., RAMPAL, K. G. *Occupational Health: Risk assessment in the Process industry*. Blackwell Science. 1999. ISBN 0-632-04199-4.
- [67] SKŘEHOT, Petr...[et al.].2009. Prevence nehod a havárií; 1. díl; Nebezpečné látky a materiály. Praha: Výzkumný ústav bezpečnosti práce a T-SOFT, 2009, 341 s., ISBN 978-80- 86973-70-8.
- [68] SKŘEHOT, Petr...[et al.].2009. Prevence nehod a havárií; 2. díl; Mimořádné události a prevence nežádoucích následků. Praha: Výzkumný ústav bezpečnosti práce a T-SOFT, 2009, 595 s., ISBN 978-80- 86973-73-9.
- [69] SMEJKAL, V., RAIS K. *Řízení rizik ve firmách a jiných organizacích*. Praha: Grada Publishing, a.s. 2006. ISBN 80-247-1667-4.
- [70] ŠENOVSKÝ, M., ADAMEC, V. *Základy krizového managementu*. Ostrava: SPBI. 102 s., 2004. ISBN 80-86634-44-2.

- [71] ŠENOVSKÝ, P. *Modelování rozhodovacích procesů*. Ostrava: SPBI. 35 s., 2006.
- [72] TALAŠOVÁ, J. *Fuzzy methods of multiple criteria evaluation and decision making (in Czech)*. Publishing House of Palacký University. 2003.
- [73] TALAŠOVÁ, J. *NEFRIT – multicriteria decision making based on fuzzy approach*. Central European Journal of Operations Research. 2000. 8(4), pp 297 – 310.
- [74] TALAŠOVÁ, J., HOLEČEK, P. *Multiple – Criteria Fuzzy Evaluation: The FuzzME Software Package*. In Proceedings of the Joint 2009 International Fuzzy Systems Association World Congress and 2009 European Society of Fuzzy Logic and Technology Conference, Lisbon, Portugal, July 20-24, 2009 (pp 681-686). ISBN 978-989-95079-6-8.
- [75] TEREX - Teroristický Expert, T-SOFT, 2010. [online]. [cit. 15. 8. 2010]. URL:<http://www.tsoft.cz/sites/default/files/download/Terex_1.pdf>.
- [76] The Institute of Risk Management. [online]. [cit. 15. 8. 2010]. URL:<<http://www.theirm.org/>>.
- [77] TICHÝ, M. *Ovládání rizika, analýza a management*. Praha: C.H.Beck. 2006. 80-7179-415-5.
- [78] TRIANTAPHYLLOU, E. *Multi-Criteria Decision Making: A Comparative Study*. Dordrecht, The Netherlands: Kluwer Academic Publishers (now Springer). pp. 320. 2000. ISBN 0792366077.
- [79] TURNER, D. *Workbook of atmospheric dispersion estimates: An introduction to dispersion modelling*, Florida: Lewis publisher, 1994.
- [80] VANĚK, M. *Management v hospodářské praxi*. SPBI, Ostrava, 2006, ISBN 80-248-1149-9.
- [81] VÍLCHES, J.A. [et al.]. A Historical analysis of accidents in chemical plants, accidents due to transport of hazardous materials. Journal of Loss Prevention Process Industry. 1995, vol. 8, no.2, s. 87-96.
- [82] Výkladový terminologický slovník některých pojmů používaných v analýze a hodnocení rizik pro účely zákona o prevenci závažných havárií [online]. Praha : Výzkumný ústav bezpečnosti práce, 2005. 55 s. [online]. [cit. 15. 8. 2010]. URL:<http://www.vubp.cz/html_oppzh/metodiky/vykladovy_slovník_brezen05.pdf>.
- [83] YAGER, R.R. *On ordered weighted averaging aggregation operators in multicriteria decision making*. IEEE Trans. Systems Man Cybernet. 1988. 3 (1), pp. 183 – 190.
- [84] Zákon č. 59/2006 Sb., Zákon o prevenci závažných havárií způsobených vybranými nebezpečnými chemickými látkami nebo chemickými přípravky a o změně zákona č. 258/2000 Sb., o ochraně veřejného zdraví a o změně některých souvisejících zákonů, ve znění pozdějších předpisů, a zákona č. 320/2002 Sb., o změně a zrušení některých zákonů v souvislosti s ukončením činnosti okresních úřadů, ve znění pozdějších předpisů, (zákon o prevenci závažných havárií)
- [85] Zákon č. 262/2006 Sb., Zákoník práce.

- [86] Zákon č. 309/2006 Sb., Zákon, kterým se upravují další požadavky bezpečnosti a ochrany zdraví při práci v pracovněprávních vztazích a o zajištění bezpečnosti a ochrany zdraví při činnosti nebo poskytování služeb mimo pracovněprávní vztahy (zákon o zajištění dalších podmínek bezpečnosti a ochrany zdraví při práci).

Seznam publikací doktoranda

Publikace uveřejněné do roku 2009 jsou uvedeny pod rodným příjmením doktorandky Jelínková.

- [D1] SUCHARDA, O., JELÍNKOVÁ, P., Pravděpodobnostní posudek bezpečnosti dřevěného nosníku vystaveného účinkům požáru, VIII. Ročník fakultního kola SVOČ, Sborník studentských prací 2007, VŠB-TU Ostrava, Ostrava, 2007, ISBN 978-80-248-1425-4.
- [D2] JELÍNKOVÁ, P., Modeling of hydrogen behaviour after release from pipeline, In *2nd international scientific conference*, Proceedings, VŠB-TU Ostrava, Faculty of Safety engineering, Ostrava, 2008, ISBN 978-80-248-1848-1.
- [D3] JELÍNKOVÁ, P., Risk analysis and decreasing of vulnerability, In *Juniorstav 2009, Mezinárodní konference*. Brno, 2009, ISBN 978-80-214-3810-1.
- [D4] SUCHARDA, O., JELÍNKOVÁ, P., Risk evaluation of investment projects during operation, In *Mezinárodní Bařova doktorandská konference Zlín*, Zlín, 2009, ISBN 978-80-7318-812-2.
- [D5] JELÍNKOVÁ, P., Řízení rizik základního jmění průmyslového podniku, In *Bezpečnost a ochrana zdraví při práci 2009*, Sborník přednášek, VŠB – TU Ostrava, Ostrava, 2009, ISBN 987-80-248-2010-1.
- [D6] JELÍNKOVÁ, P., BERNATÍK, A., SUCHARDA, O., Risk analysis, computational simulation of accident and its influence to surround. In *The First International Conference on Soft Computing Technology in Civil, Structural and Environmental Engineering*, Funchal: Civil-Comp Press (Stirlingshire), 2009, paper 48, ISBN 978-1-905088-33-1.
- [D7] FUKALOVÁ, M., JELÍNKOVÁ, P., WERNER-KEPPNER, ELKE, System of occupational Health and Safety in steel company, In *Bezpečnost a ochrana zdraví při práci 2009*, Sborník přednášek, VŠB – TU Ostrava, Ostrava, 2009, ISBN 987-80-248-2010-1.
- [D8] JELÍNKOVÁ, P., BERNATÍK, A., SUCHARDA, O., Modelování exploze nebezpečných látek. In *Sborník vědeckých prací Vysoké školy báňské – TU Ostrava*, č.1, ročník IX, s. 167-172, Ostrava: VŠB – TU Ostrava, 2009, ISBN 978-80-248-2105-4, ISSN 1213-1962.

- [D9] SUCHARDOVÁ, P., Modelování a hodnocení průmyslové havárie a jejich následků. In *Den tvůrčích činností Moravskoslezského kraje*, Sborník příspěvků 4. ročníku konference, Opava: SU v Opavě, 2010, ISBN 978-80-7248-588-8.
- [D10] MICHÁLEK, J., SUCHARDOVÁ, P., Zkušenosti se zvyšováním úrovně BOZP v nadnárodní společnosti. In *Bezpečnost a ochrana zdraví při práci 2010, Sborník přednášek*, Ostrava: VŠB – TU Ostrava, 2010.
- [D11] SUCHARDOVÁ, P., SUCHARDA, O., Modelling and Evaluation of Accident in Industrial Company with Usage of Multi – criteria Analysis. *Journal of Safety Research and Applications (JOSRA)*, 2010, vol. 3, no. 1., ISSN 1803-3687.
- [D12] SUCHARDOVÁ, P., BERNATÍK, A., SUCHARDA O., Risk analysis of extraordinary accident in industrial company, Reliability, Risk and Safety – Ale, Papazoglou & Zio (eds) (ESREL 2010), Taylor & Francis Group, London, United Kingdom, p. 495-501, 2010, ISBN 978-0-415-60427-7.
- [D13] GRÁC, A., SUCHARDOVÁ, P. Preparation of risk analysis implementation to the current Health and safety system, In *Mezinárodní Baťova doktorandská konference Zlín*, Zlín, 2011, ISBN 978-80-7454-013-4.
- [D14] SUCHARDOVÁ, P., BERNATÍK, A., Modelování a simulace exploze při mimořádných událostech, *Stavebnictví*, s. 48-51, 2011, vol. 5, no. 2., ISSN 1802-2030.
- [D15] SUCHARDOVÁ, P., Havárie v průmyslových podnicích a modelování jejich rizik. In *Den tvůrčích činností Moravskoslezského kraje*, Sborník příspěvků 5. ročníku konference, Ostrava: VŠB – Technická univerzita Ostrava, 2011, ISBN 978-80-248-2410-9.
- [D16] SUCHARDOVÁ, P., BERNATÍK, A., SUCHARDA O., Assessment of loss results by means of multi – criteria analysis, Advances in Safety, Reliability and Risk management – Bérenguer, Grall & Guedes Soares (eds) (ESREL 2011), 18. – 22. 9. 2011, Taylor & Francis Group, London, United Kingdom, p. 1563-1570, 2012, ISBN 978-0-415-68379-1.
- [D17] MICHÁLEK, J., SUCHARDOVÁ, P., Bezpečnost v dopravě v hutnické společnosti. In *Bezpečnost a ochrana zdraví při práci 2011, Sborník přednášek*, Ostrava: VŠB – TU Ostrava, 2011.

Doktorandka Ing. Petra Suchardová je členkou ediční rady měsíčníku *Časopis společnosti ArcelorMittal Ostrava, a.s. a jejich dceřiných společností* (registrace MK ČR E 12762) od září 2008, ve kterém publikovala více než 30 článků z problematiky bezpečnosti a ochrany zdraví při práci.

např.

- [P1] číslo 5/2009 Den zdraví a bezpečnosti při práci. Jaký byl ten letošní?
- [P2] číslo 3/2010 Školení dočasných systémů pro zajištění práce ve výškách
- [P3] číslo 9/2011 Vedoucí musí proškolit své podřízené z bezpečnostních předpisů

Příloha A Kvantitativní a kvalitativní stupnice

Název:	Pomocná kvantitativní stupnice
Popis:	

Posuzované kritérium/Stupeň	Žádná	Velmi nízká	Nízká	Střední	Vysoká	Velmi vysoká
Hodnota	0	1	2	3	4	5

Lidé:						
Havárie s četností výskytu do 100 let						
Počet zraněných osob:	0	do 2	do 3	do 5	do 10	více
Počet smrtelných úrazů:	0	0	1	3	5	více
Havárie s četností výskytu nad 100 let						
Počet zraněných osob:	0	do 2	do 3	do 5	do 10	více
Počet smrtelných úrazů:	0	0	1	3	5	více
Pozn.:						

Životní prostředí:						
Havárie s četností výskytu do 100 let						
Dojde k úniku zdraví škodlivých látek v areálu:	ne	kapaliny				
Náklady spojené s dekontaminací a čištěním:	0	do 0,1	do 1,0	do 5,0	do 10,0	více
Havárie s četností výskytu nad 100 let						
Dojde k úniku zdraví škodlivých látek v areálu:	ne	kapaliny				
Náklady spojené s dekontaminací a čištěním:	0	do 1,0	do 5,0	do 10,0	do 20,0	více
Pozn.:						

Stavební konstrukce:						
Havárie s četností výskytu do 100 let						
Majetkové ztráty na stav. konstr. a tech.:	0	do 0,25	do 2,5	do 10,0	do 20,0	více
Maj. ztráty na okolních stav. konstr. a techn.:	0	do 0,25	do 2,5	do 10,0	do 20,0	více
Celkové ztráty na stav. kce a techn.:	0	do 0,5	do 5,0	do 20,0	do 40,0	více
Havárie s četností výskytu nad 100 let						
Majetkové ztráty na stav. konstr. a tech.:	0	do 5,0	do 10,0	do 25,0	do 50,0	více
Maj. ztráty na okolních stav. konstr. a techn.:	0	do 5,0	do 10,0	do 25,0	do 50,0	více
Celkové ztráty na stav. kce a techn.:	0	do 10,0	do 20,0	do 50,0	do 100,0	více
Pozn.:						

Technická infrastruktura:						
Havárie s četností výskytu do 100 let						
Ztráty způsobené v důsledku poškození infrastruktury:	0	do 0,1	do 1,0	do 5,0	do 10,0	více
Havárie s četností výskytu nad 100 let						
Ztráty způsobené v důsledku poškození infrastruktury:	0	do 1,0	do 5,0	do 10,0	do 20,0	více
Pozn.:						

Technologie:						
Havárie s četností výskytu do 100 let						
Celk. ztráty v důsledku přerušení kontinuity výroby:	0	do 1,0	do 5,0	do 20,0	do 30,0	více
Havárie s četností výskytu nad 100 let						
Celk. ztráty v důsledku přerušení kontinuity výroby:	0	do 5,0	do 10,0	do 25,0	do 50,0	více
Pozn.:						

Mimořádná událost (havárie):

Celkové hodnocení	0	0,5-1,5	1,5-2,5	2,5-3,5	3,5-4,5	5
--------------------------	---	---------	---------	---------	---------	---

U mimořádných událostí s celkovým stupněm 0,01 až 0,5 je hodnocení skoro žádné.

Název:	Pomocná kvalitativní stupnice
Popis:	

Posuzované kritérium/Stupeň	Popis
Hodnota	

Lidé:	
žádné	Nebudou žádné smrtelné úrazy ani poranění.
velmi nízká	Drobná zranění, prac. neschopnost, vážné zranění bez trvalých následků, max. dvě zraněné osoby.
nízká	Vážné zranění s trvalými následky u více pracovníků a maximálně jeden smrtelný úraz.
střední	Vážné zranění s trvalými následky u více pracovníků (více než tři) a jednotky smrtelných úrazů.
vysoká	Vážné zranění s trvalými následky u mnoha pracovníků a četné smrtelné následky (do pěti).
velmi vysoká	Smrtelné následky a vážné následky, velmi mnoho pracovníků. (Katastrofický scénář).
Pozn.:	

Životní prostředí:	
žádné	Nedojde k úniku žádných škodlivých látek, žádné následky na životní prostředí.
velmi nízká	Dojde pouze k úniku provozních kapalin v zasažené oblasti. Únik látek v řádech max. jedn. (olej, benzín apod.).
nízká	Dojde k málemu poškození životního prostředí.
střední	Dojde k poškození životního prostředí, které se bude muset dekontaminovat.
vysoká	Vážné poškození životního prostředí, obnova si vyžádá delší časové období a vysoké finanční náklady.
velmi vysoká	Trvalé poškození životního prostředí, velký únik toxických látek, poškození ohrožených druhů.
Pozn.:	

Stavební konstrukce:	
žádné	Nedojde k žádnému poškození technologie ani stavebních konstrukcí.
velmi nízká	Dojde k malému poškození technologie a stavebních konstrukcí, případně vznik malých škod v zasažené oblasti.
nízká	Poškození technologie a souvisejících stavebních konstrukcí, případně vznik škod v zasažené oblasti.
střední	Vážné poškození technologie a souvisejících stavebních konstrukcí, případně vznik škod v zasažené oblasti.
vysoká	Rozsahlé poškození technologie a souvisejících stavebních konstrukcí, případně vznik velkých škod v zasažené oblasti.
velmi vysoká	Zničení technologie a souvisejících stavebních objektů, velmi vážné poškození zasaženého okolí.
Pozn.:	

Technická infrastruktura:	
žádné	Nedojde k žádnému poškození technické infrastruktury.
velmi nízká	Poškození technické infrastruktury velmi malé. Komplikace max. v délce dnů, výměna pouze malých částí rozvodů.
nízká	Poškození technické infrastruktury. Výměna poškozených částí rozvodů.
střední	Poškození technické infrastruktury středního rozsahu. Nutná výměna poškozených částí rozvodů.
vysoká	Závažné poškození rozvodů v zasažené oblasti havárie. Nutné zajistit provizorní režim dodávky poškozených vedení.
velmi vysoká	Velmi závažné poškození (zničení) technické infrastruktury v zasažené oblasti.
Pozn.:	

Technologie:	
žádné	Nedojde k žádným ztrátám, případně nákladům na provizorní provoz v důsledku havárie.
velmi nízká	Provoz výroby se omezí velmi málo. Je zachována omezená kontinuita výroby.
nízká	Provoz výroby zasažené je omezen. Je možné zajistit provizorní provoz a výrobní režim.
střední	Provoz zasaženého provozu je omezen nebo zastaven. Je složité zajistit provizorní provoz a výrobní režim.
vysoká	Dojde k přerušení dotčeného provozu a omezení výroby u okolních provozů.
velmi vysoká	Dojde k přerušení většiny provozů až zastavení výroby celého podniku. Výpadek výroby v řádech týdnů.
Pozn.:	

Mimořádná událost (havárie):

		0	0,5-1,5	1,5-2,5	2,5-3,5	3,5-4,5	5
--	--	---	---------	---------	---------	---------	---

Poznámka:	U mimořádných událostí s celkovým stupněm 0,01 až 0,5 je hodnocení skoro žádné.
------------------	---

Příloha B Popis rizika, hodnocení mimořádných událostí v případové studii

Tab. 1 Popis rizika

Název rizika	Výbuch a požár
Rozsah rizika	Mimořádná událost vzniku výbuchu a požáru u potrubních systémů, skladovacích zásobníků a tlakových lahví
Povaha rizika	Provozní
Zainterесované strany	Vedoucí risk manažer, bezpečnostní technik, vedoucí (technik) provozní oblasti, pracovník investic
Kvantifikace rizika a tolerance vůči rizikům	Řešeno navrženou metodikou
Zvládání rizika a kontrolní mechanismy	Externí a interní audit (1 x ročně)
Možné postupy pro zlepšení	Provést hodnocení nových investic v přípravné (projektové) fázi
Vývoj strategie a politik	Manažer ARM provozní jednotky a vedoucí provozu

Mimořádná událost:	Havárie benzolových nádrží		
Provozní oblast:	Koksovna	Závod:	Koksovna
Technologický úsek:	Nádrže uskladňující surový koksárenský benzol		
Popis:	Únik malou trhlinou na stěně benzolové nádrže (průměr 5 a 20 cm)		
Lidé:			
Počet osob v provozu:	54	(2 operátoři výroby, 2 technici laboratorní práce a 50 ostatních)	
Počet zraněných osob:	5-15		
Počet smrtelných úrazů:	1-2		
Popis: Smrtelné úrazy u operátorů zařízení, zranění osob vykonávajících odběry vzorků a laboratorní práce a ostatní zaměstnanci provozní oblasti Koksochemie.			
Životní prostředí:			
Dojde k úniku zdraví škodlivých látek v areálu: Ano (benzol, prací olej)			
Dojde k úniku zdraví škodlivých látek mimo areál podniku: Ne			
Náklady spojené s dekontaminací a čištěním (Kč): 0,5 - 1,5 mil.			
Popis: Možnost rozstřiku benzolu a pracího oleje mimo havarijní jímky. Nutné náklady na sanaci prováděnou specializovanou externí firmou, práce za zvýšených podmínek BOZP.			
Stavební konstrukce:			
Majetkové ztráty na stavebních konstrukcích a technologii (Kč): 2,5 - 5 mil.			
Majetkové ztráty na okolních stavebních konstrukcích, které by byly poškozeny v důsledku havárie (Kč): 3 - 5 mil.			
Popis: Závažné poškození benzolové nádrže, možný vznik synergického efektu se zasažením okolní provozní zástavby.			
Technická infrastruktura:			
Způsobí havárie poškození infrastruktury: Ano Jaké: rozvody koksárenského plynu,			
Ztráty způsobené v důsledku poškození infrastruktury (Kč): 1 - 3 mil. topné vody			
Popis: Zasažení rozvodů plynů, topné vody a elektrických rozvodů.			
Technologie:			
Jak dlouho ovlivní výpadek části technologie v důsledku havárie kontinuitu výroby (počet dnů): 7 - 14			
Ztráty způsobené za 1 den v důsledku přerušení kontinuity výroby (Kč): 100 - 250 tisíc			
Popis: Zastavení výroby, vynaložení nákladů na dočasný provoz a zprovoznění výroby.			
Poznámka:			

Hodnocení:

Posuzované kritérium/Experti	Expert 1		Expert 2		Expert 3		Expert 4	
	slovní hodnocení	hodnota	slovní hodnocení	hodnota	slovní hodnocení	hodnota	slovní hodnocení	hodnota
Lidé	Vysoká	4	Vysoká	4	Střední	3	Střední	3
Životní prostředí	Velmi nízká	1	Nízká	2	Střední	3	Nízká	2
Stavební konstrukce	Nízká	2	Střední	3	Střední	3	Střední	3
Technická infrastruktura	Nízká	2	Střední	3			Nízká	2
Technologie	Nízká	2	Nízká	2			Nízká	2

Mimořádná událost:	Havárie potrubí koksárenského plynu na koksovňě		
Provozní oblast:	Koksovna	Závod:	Koksovna
Technologický úsek:	Rozvody koksárenského plynu		
Popis:	Únik plynu otvorem o průměru 10 cm		

Lidé:			
Počet osob v provozu:	20	(zaměstnanci koksovny, návštěvy, externí zhotovitelé služeb)	
Počet zraněných osob:	3 - 5		
Počet smrtelných úrazů:	0 - 1		
Popis:			
Smrtelný úraz zaměstnance bezprostředně se pohybujícím v blízkosti potrubí a intoxikace osob.			

Životní prostředí:			
Dojde k úniku zdraví škodlivých látek v areálu:	Ano	(koksárenský plyn)	
Dojde k úniku zdraví škodlivých látek mimo areál podniku:	Ne		
Náklady spojené s dekontaminací a čištěním (Kč):	50 - 100 tisíc		
Popis:			
Havárie nezpůsobí podstatné škody na životním prostředí.			

Stavební konstrukce:			
Majetkové ztráty na stavebních konstrukcích a technologii (Kč):	0,25 - 2,5 mil.		
Majetkové ztráty na okolních stavebních konstrukcích, které by byly poškozeny v důsledku havárie (Kč):	0,25 - 2,5 mil.		
Popis:			
Poškození uvažovaného potrubí, vynaložení nákladů na opravu poškozené části potrubí.			

Technická infrastruktura:			
Způsobí havárie poškození infrastruktury:	Ano	Jaké:	Rozvody provozních plynů
Ztráty způsobené v důsledku poškození infrastruktury (Kč):	0,1 - 3 mil.		
Popis:			
Ovlivnění provozních rozvodů plynů, páry.			

Technologie:			
Jak dlouho ovlivní výpadek části technologie v důsledku havárie kontinuitu výroby (počet dnů):	10-14		
Ztráty způsobené za 1 den v důsledku přerušení kontinuity výroby (Kč):	0,2 - 1 mil.		
Popis:			
Vynaložení nákladů na opravu potrubí.			

Poznámka:

Hodnocení:

Posuzované kritérium/Experti	Expert 1		Expert 2		Expert 3		Expert 4	
	slovní hodnocení	hodnota	slovní hodnocení	hodnota	slovní hodnocení	hodnota	slovní hodnocení	hodnota
Lidé	Nízká	2	Nízká	2	Střední	3	Střední	3
Životní prostředí	Velmi nízká	1	Velmi nízká	1	Velmi nízká	1	Velmi nízká	1
Stavební konstrukce	Nízká	2	Nízká	2	Nízká	2	Velmi nízká	1
Technická infrastruktura	Nízká	2	Střední	3			Střední	3
Technologie	Střední	3	Střední	3			Nízká	2

Mimořádná událost:	Havárie potrubí zemního plynu v oblasti skladu motorů		
Provozní oblast:	Vysoké pece	Závod:	Vysoké pece
Technologický úsek:	Rozvody zemního plynu		
Popis:	Únik plynu celým průřezem a otvorem o průměru 2 cm		

Lidé:			
Počet osob v provozu:	5		
Počet zraněných osob:	1 - 5		
Počet smrtelných úrazů:	1 - 3		
Popis:			
Smrtelné úrazy zaměstnanců skladu motorů, zranění osob pohybujících se v blízkosti skladu motorů.			

Životní prostředí:			
Dojde k úniku zdraví škodlivých látek v areálu:	Ne		
Dojde k úniku zdraví škodlivých látek mimo areál podniku:	Ne		
Náklady spojené s dekontaminací a čištěním:	50 - 100 tisíc		
Popis:			
Nedojde k podstatným škodám na životním prostředí.			

Stavební konstrukce:			
Majetkové ztráty na stavebních konstrukcích a technologii (Kč):	0,25 - 1 mil.		
Majetkové ztráty na okolních stavebních konstrukcích, které by byly poškozeny v důsledku havárie (Kč):	2,5 - 3 mil.		
Popis:			
Poškození potrubí a budovy skladu motorů.			

Technická infrastruktura:			
Způsobí havárie poškození infrastruktury:	Ano	Jaké:	
Ztráty způsobené v důsledku poškození infrastruktury:	0-0,2 mil.		
Popis:			
Malé ovlivnění provozních rozvodů.			

Technologie:			
Jak dlouho ovlivní výpadek části technologie v důsledku havárie kontinuitu výroby (počet dnů):	7		
Ztráty způsobené za 1 den v důsledku přerušení kontinuity výroby:	1 - 2 mil.		
Popis:			
Havárie způsobí odstavení zemního plynu na závodě Ocelárna, zařízení pro plynulé odlévání oceli a směsné stanice. Ovlivní hotovnou výrobu zboží celého podniku.			

Poznámka:			

Hodnocení:

Posuzované kritérium/Experti	Expert 1		Expert 2		Expert 3		Expert 4	
	slovní hodnocení	hodnota	slovní hodnocení	hodnota	slovní hodnocení	hodnota	slovní hodnocení	hodnota
Lidé	Střední	3	Nízká	2	Velmi nízká	1	Střední	3
Životní prostředí	Velmi nízká	1	Velmi nízká	1	Velmi nízká	1	Velmi nízká	1
Stavební konstrukce	Nízká	2	Nízká	2	Nízká	2	Střední	3
Technická infrastruktura	Nízká	2	Velmi nízká	1			Nízká	2
Technologie	Nízká	2	Střední	3			Střední	3

Mimořádná událost:	Havárie potrubí vysokopecního plynu v oblasti údržby vysokých pecí		
Provozní oblast:	Vysoké pece	Závod:	Vysoké pece
Technologický úsek:	Rozvody vysokopecního plynu		
Popis:	Únik plynu celým průřezem a otvorem o průměru 2 cm		

Lidé:			
Počet osob v provozu:	15		
Počet zraněných osob:	3 - 5		
Počet smrtelných úrazů:	0 - 1		
Popis:			
Smrtelný úraz u zaměstnance vykonávajícího práci v bezprostřední blízkosti potrubí, intoxikace zaměstnanců na přilehlé zastávce autobusové dopravy.			

Životní prostředí:			
Dojde k úniku zdraví škodlivých látek v areálu:	Ano		vysokopecní plyn
Dojde k úniku zdraví škodlivých látek mimo areál podniku:	Ne		
Náklady spojené s dekontaminací a čištěním (Kč):	50 - 200 tisíc		
Popis:			
Nedojde k podstatným škodám na životním prostředí.			

Stavební konstrukce:			
Majetkové ztráty na stavebních konstrukcích a technologii (Kč):	0,25 - 1 mil.		
Majetkové ztráty na okolních stavebních konstrukcích, které by byly poškozeny v důsledku havárie (Kč):			do 250 tis.
Popis:			
Poškození samotného potrubí, drobné poškození budovy údržby vysokých pecí.			

Technická infrastruktura:			
Způsobí havárie poškození infrastruktury:	Ano	Jaké:	Rozvody koksárenského plynu
Ztráty způsobené v důsledku poškození infrastruktury (Kč):	1 - 2 mil.		
Popis:			
Zasažení potrubí koksárenského plynu.			

Technologie:			
Jak dlouho ovlivní výpadek části technologie v důsledku havárie kontinuitu výroby (počet dnů):	21		
Ztráty způsobené za 1 den v důsledku přerušení kontinuity výroby (Kč):	0,25 - 0,5 mil.		
Popis:			
Havárie způsobí odstavení vysokopecního plynu na Aglomeraci jih.			

Poznámka:			

Hodnocení:

Posuzované kritérium/Experti	Expert 1		Expert 2		Expert 3		Expert 4	
	slovní hodnocení	hodnota	slovní hodnocení	hodnota	slovní hodnocení	hodnota	slovní hodnocení	hodnota
Lidé	Střední	3	Střední	3	Střední	3	Nízká	2
Životní prostředí	Velmi nízká	1	Velmi nízká	1	Nízká	2	Velmi nízká	1
Stavební konstrukce	Velmi nízká	1	Velmi nízká	1	Nízká	2	Velmi nízká	1
Technická infrastruktura	Střední	3	Nízká	2			Nízká	2
Technologie	Střední	3	Střední	3			Nízká	2

Mimořádná událost:	Havárie potrubí koksárenského plynu v oblasti údržby vysokých pecí		
Provozní oblast:	Vysoké pece	Závod:	Vysoké pece
Technologický úsek:	Rozvody koksárenského plynu		
Popis:	Únik plynu celým průřezem a otvorem o průměru 5 cm		
Lidé: Počet osob v provozu: 15 Počet zraněných osob: 1-5 Počet smrtelných úrazů: 2 - 3 Popis: Smrtelný úraz u zaměstnance vykonávajícího práci v blízkosti potrubí, intoxikace zaměstnanců na přilehlé zastávce autobusové dopravy a parkovišti.			
Životní prostředí: Dojde k úniku zdraví škodlivých látek v areálu: Ano koksárenský plyn Dojde k úniku zdraví škodlivých látek mimo areál podniku: Ne Náklady spojené s dekontaminací a čištěním (Kč): 50 - 200 tisíc Popis: Havárie nezpůsobí podstatné škody na životním prostředí.			
Stavební konstrukce: Majetkové ztráty na stavebních konstrukcích a technologii (Kč): 0,25 - 1 mil. Majetkové ztráty na okolních stavebních konstrukcích, které by byly poškozeny v důsledku havárie (Kč): do 250 tis. Popis: Poškození samotného potrubí, drobné poškození údržby vysokých pecí.			
Technická infrastruktura: Způsobí havárie poškození infrastruktury: Ano Jaké: Rozvody vysokopecního plynu Ztráty způsobené v důsledku poškození infrastruktury (Kč): 1 - 2 mil. Popis: Zasažení potrubí vysokopecního plynu, deformace sloupu, poškození části potrubí bez netěsnosti.			
Technologie: Jak dlouho ovlivní výpadek části technologie v důsledku havárie kontinuitu výroby (počet dnů): 21 Ztráty způsobené za 1 den v důsledku přerušení kontinuity výroby (Kč): 0,5 - 1,5 mil. Popis: Havárie způsobí odstavení koksárenského plynu v celém potrubním řádu podniku.			
Poznámka:			

Hodnocení:

Posuzované kritérium/Experti	Expert 1		Expert 2		Expert 3		Expert 4	
	slovní hodnocení	hodnota	slovní hodnocení	hodnota	slovní hodnocení	hodnota	slovní hodnocení	hodnota
Lidé	Střední	3	Nízká	2	Nízká	2	Nízká	2
Životní prostředí	Velmi nízká	1	Velmi nízká	1	Nízká	2	Nízká	2
Stavební konstrukce	Velmi nízká	1	Nízká	2	Nízká	2	Velmi nízká	1
Technická infrastruktura	Střední	3	Střední	3			Nízká	2
Technologie	Střední	3	Vysoká	4			Střední	3

Mimořádná událost:	Havárie regulační stanice zemního plynu		
Provozní oblast:	Vysoké pece	Závod:	Vysoké pece
Technologický úsek:	Regulační stanice zemního plynu		
Popis:	Únik plynu otvorem o průměru 5 cm		

Lidé:			
Počet osob v provozu:	3		
Počet zraněných osob:	1		
Počet smrtelných úrazů:	0		
Popis:			
Zranění osoby provádějící kontrolu zařízení.			

Životní prostředí:			
Dojde k úniku zdraví škodlivých látek v areálu:	Ne		
Dojde k úniku zdraví škodlivých látek mimo areál podniku:	Ne		
Náklady spojené s dekontaminací a čištěním (Kč):	50 - 100 tisíc		
Popis:			
Havárie nezpůsobí podstatné škody na životním prostředí.			

Stavební konstrukce:			
Majetkové ztráty na stavebních konstrukcích a technologii (Kč):	200 - 300 tisíc		
Majetkové ztráty na okolních stavebních konstrukcích, které by byly poškozeny v důsledku havárie (Kč):		Ne	
Popis:			
Poškození samotného potrubí a objektu regulační stanice.			

Technická infrastruktura:			
Způsobí havárie poškození infrastruktury:	Ano	Jaké:	
Ztráty způsobené v důsledku poškození infrastruktury (Kč):	0 - 100 tisíc		
Popis:			

Technologie:			
Jak dlouho ovlivní výpadek části technologie v důsledku havárie kontinuitu výroby (počet dnů):	5 - 12		
Ztráty způsobené za 1 den v důsledku přerušení kontinuity výroby (Kč):	1 - 2 mil.		
Popis:			
Havárie způsobí odstavení zemního plynu, v případě havárie na výtlaču celého potrubního řádu, v případě sání Kovárnu.			

Poznámka:			

Hodnocení:

Posuzované kritérium/Experti	Expert 1		Expert 2		Expert 3		Expert 4	
	slovní hodnocení	hodnota	slovní hodnocení	hodnota	slovní hodnocení	hodnota	slovní hodnocení	hodnota
Lidé	Velmi nízká	1	Velmi nízká	1	Velmi nízká	1	Velmi nízká	1
Životní prostředí	Velmi nízká	1	Velmi nízká	1	Velmi nízká	1	Velmi nízká	1
Stavební konstrukce	Velmi nízká	1	Nízká	2	Nízká	2	Velmi nízká	1
Technická infrastruktura	Velmi nízká	1	Velmi nízká	1			Velmi nízká	1
Technologie	Střední	3	Vysoká	4			Nízká	2

Mimořádná událost:	Havárie směsné stanice zemního plynu a dusíku		
Provozní oblast:	Vysoké pece	Závod:	Vysoké pece
Technologický úsek:	Směsná stanice zemního plynu a dusíku		
Popis:	Únik plynu otvorem o průměru 5 cm		

Lidé:			
Počet osob v provozu:	4		
Počet zraněných osob:	2 - 3		
Počet smrtelných úrazů:	0		
Popis:			
Zraněné osoby vykonávající na ranní směně kontrolu rozvodu plynu, zaměstnanci pohybující se v prostoru okolo směsné stanice.			

Životní prostředí:			
Dojde k úniku zdraví škodlivých látek v areálu:	Ne		
Dojde k úniku zdraví škodlivých látek mimo areál podniku:	Ne		
Náklady spojené s dekontaminací a čištěním (Kč):	50 - 100 tisíc		
Popis:			
Havárie nezpůsobí podstatné škody na životním prostředí.			

Stavební konstrukce:			
Majetkové ztráty na stavebních konstrukcích a technologii (Kč):	1,5 - 2,5 mil.		
Majetkové ztráty na okolních stavebních konstrukcích, které by byly poškozeny v důsledku havárie (Kč):	100 - 250 tis.		
Popis:			
Poškození samotného potrubí a objektu směsné stanice.			

Technická infrastruktura:			
Způsobí havárie poškození infrastruktury:	Ano	Jaké:	Elektrické rozvody
Ztráty způsobené v důsledku poškození infrastruktury (Kč):	100 - 200 tisíc		
Popis:			
Havárie způsobí poškození elektrických rozvodů.			

Technologie:			
Jak dlouho ovlivní výpadek části technologie v důsledku havárie kontinuitu výroby (počet dnů):	2 - 3		
Ztráty způsobené za 1 den v důsledku přerušení kontinuity výroby (Kč):	0,1 - 0,5 mil.		
Popis:			
Havárie způsobí odstavení zemního plynu a dusíku u směsné stanice.			

Poznámka:			

Hodnocení:

Posuzované kritérium/Experti	Expert 1		Expert 2		Expert 3		Expert 4	
	slovní hodnocení	hodnota	slovní hodnocení	hodnota	slovní hodnocení	hodnota	slovní hodnocení	hodnota
Lidé	Nízká	2	Velmi nízká	1	Velmi nízká	1	Velmi nízká	1
Životní prostředí	Velmi nízká	1	Velmi nízká	1	Velmi nízká	1	Velmi nízká	1
Stavební konstrukce	Nízká	2	Nízká	2	Nízká	2	Velmi nízká	1
Technická infrastruktura	Velmi nízká	1	Nízká	2			Nízká	2
Technologie	Nízká	2	Velmi nízká	1			Nízká	2

Mimořádná událost:	Havárie zásobníků na plyný vodík		
Provozní oblast:	Vysoké pece	Závod:	Vysoké pece
Technologický úsek:	Zásobníky na plyný vodík		
Popis:	Únik plynu ze zásobníku		

Lidé:		
Počet osob v provozu:	15	obsluha, revizní technik plynového zařízení, tlakových nádob
Počet zraněných osob:	5 - 10	zaměstnanci provozu Kyslíkárna
Počet smrtelných úrazů:	3 - 5	
Popis:		
Smrtelné úrazy u obsluhy zařízení a vykonávajících pravidelnou kontrolu zařízení, zranění ostatních zaměstnanců provozu Kyslíkárna.		

Životní prostředí:	
Dojde k úniku zdraví škodlivých látek v areálu:	Ne
Dojde k úniku zdraví škodlivých látek mimo areál podniku:	Ne
Náklady spojené s dekontaminací a čištěním (Kč):	50 - 100 tisíc
Popis:	
Havárie způsobí poškození zeleně v okolí zásobníků na vodík.	

Stavební konstrukce:	
Majetkové ztráty na stavebních konstrukcích a technologii (Kč):	5 - 7 mil.
Majetkové ztráty na okolních stavebních konstrukcích, které by byly poškozeny v důsledku havárie (Kč):	1 - 4 mil.
Popis:	
Destrukce zásobníku na plyný vodík, potrubního rozvodu vodíku, objektů v okolní zástavbě a aparátů na výrobu kyslíku.	

Technická infrastruktura:			
Způsobí havárie poškození infrastruktury:	Ano	Jaké:	Rozvody plynů
Ztráty způsobené v důsledku poškození infrastruktury (Kč):	1 - 3 mil.		
Popis:			
Havárie způsobí poškození potrubí kyslíku a vzduchu.			

Technologie:	
Jak dlouho ovlivní výpadek části technologie v důsledku havárie kontinuitu výroby (počet dnů):	20 - 30
Ztráty způsobené za 1 den v důsledku přerušení kontinuity výroby (Kč):	0,5 - 1 mil.
Popis:	
Náklady na obnovu provozu.	
Experti neuvažují s totální destrukcí a explozí zásobníku vodíku.	

Poznámka:			

Hodnocení:

Posuzované kritérium/Expert	Expert 1		Expert 2		Expert 3		Expert 4	
	slovní hodnocení	hodnota	slovní hodnocení	hodnota	slovní hodnocení	hodnota	slovní hodnocení	hodnota
Lidé	Vysoká	4	Vysoká	4	Střední	3	Střední	3
Životní prostředí	Velmi nízká	1	Velmi nízká	1	Velmi nízká	1	Velmi nízká	1
Stavební konstrukce	Nízká	2	Vysoká	4	Vysoká	4	Střední	3
Technická infrastruktura	Střední	3	Nízká	2			Nízká	2
Technologie	Střední	3	Vysoká	4			Vysoká	4

Mimořádná událost:	Havárie potrubí zemního plynu na kontilitě		
Provozní oblast:	Ocelárna	Závod:	Ocelárna
Technologický úsek:	Rozvody zemního plynu pro vysokoteplotní ohřevy výlevků na zařízení pro plynulé odlévání oceli		
Popis:	Únik plynu otvorem o průměru 5 cm		

Lidé:			
Počet osob v provozu:	25		
Počet zraněných osob:	3 - 5		
Počet smrtelných úrazů:	0		
Popis:			
Zranění osob provozu kontilitě a revizních techniků.			

Životní prostředí:			
Dojde k úniku zdraví škodlivých látek v areálu:	Ne		
Dojde k úniku zdraví škodlivých látek mimo areál podniku:	Ne		
Náklady spojené s dekontaminací a čištěním (Kč):	50 - 100 tisíc		
Popis:			
Havárie nezpůsobí podstatné škody na životním prostředí.			

Stavební konstrukce:			
Majetkové ztráty na stavebních konstrukcích a technologii (Kč):	0,2 - 2 mil.		
Majetkové ztráty na okolních stavebních konstrukcích, které by byly poškozeny v důsledku havárie (Kč):	100 - 200 tis.		
Popis:			
Poškození samotného potrubí.			

Technická infrastruktura:			
Způsobí havárie poškození infrastruktury:	Ano	Jaké:	Rozvody plynu
Ztráty způsobené v důsledku poškození infrastruktury (Kč):	100 - 200 tisíc		
Popis:			
Poškození dalších rozvodů plynů.			

Technologie:			
Jak dlouho ovlivní výpadek části technologie v důsledku havárie kontinuitu výroby (počet dnů):	4		
Ztráty způsobené za 1 den v důsledku přerušení kontinuity výroby (Kč):	200 - 300 tisíc		
Popis:			
Vynaložení nákladů na opravu potrubí.			

Poznámka:			

Hodnocení:

Posuzované kritérium/Experti	Expert 1		Expert 2		Expert 3		Expert 4	
	slovní hodnocení	hodnota	slovní hodnocení	hodnota	slovní hodnocení	hodnota	slovní hodnocení	hodnota
Lidé	Nízká	2	Nízká	2	Nízká	2	Nízká	2
Životní prostředí	Velmi nízká	1	Velmi nízká	1	Velmi nízká	1	Velmi nízká	1
Stavební konstrukce	Velmi nízká	1	Nízká	2	Nízká	2	Velmi nízká	1
Technická infrastruktura	Velmi nízká	1	Nízká	2			Velmi nízká	1
Technologie	Velmi nízká	1	Nízká	2			Velmi nízká	1

Mimořádná událost:	Havárie potrubí směsného plynu na hrubé válcovně		
Provozní oblast:	Válcovny	Závod:	Válcovny
Technologický úsek:	Rozvody směsného plynu pro ohřívací pec na hrubé válcovně		
Popis:	Únik a následný výbuch potrubí směsného plynu napojeného na uzávěry u pece		

Lidé:		
Počet osob v provozu:	25	zaměstnanci Hrubé válcovny, revizní technici
Počet zraněných osob:	5 - 10	
Počet smrtelných úrazů:	0	
Popis:		
Zranění osob vykonávajících obsluhu ohřívací pece a revizních techniků.		

Životní prostředí:	
Dojde k úniku zdraví škodlivých látek v areálu:	Ano
Dojde k úniku zdraví škodlivých látek mimo areál podniku:	Ne
Náklady spojené s dekontaminací a čištěním (Kč):	50 - 200 tisíc
Popis:	
Havárie nezpůsobí podstatné škody na životním prostředí.	

Stavební konstrukce:			
Majetkové ztráty na stavebních konstrukcích a technologii (Kč):	1 - 3 mil.		
Majetkové ztráty na okolních stavebních konstrukcích, které by byly poškozeny v důsledku havárie (Kč):	100 - 200 tis.		
Popis:			
Poškození samotného potrubí, ohřívací pece.			

Technická infrastruktura:			
Způsobí havárie poškození infrastruktury:	Ano	Jaké:	Rozvody plynů
Ztráty způsobené v důsledku poškození infrastruktury (Kč):	0,1 - 1 mil.		
Popis:			
Poškození rozvodů plynů.			

Technologie:	
Jak dlouho ovlivní výpadek části technologie v důsledku havárie kontinuitu výroby (počet dnů):	3 - 4
Ztráty způsobené za 1 den v důsledku přerušení kontinuity výroby (Kč):	300 - 400 tisíc
Popis:	
Vynaložení nákladů na opravu potrubí.	

Poznámka:

Hodnocení:

Posuzované kritérium/Experti	Expert 1		Expert 2		Expert 3		Expert 4	
	slovní hodnocení	hodnota	slovní hodnocení	hodnota	slovní hodnocení	hodnota	slovní hodnocení	hodnota
Lidé	Střední	3	Střední	3	Střední	3	Vysoká	4
Životní prostředí	Velmi nízká	1	Velmi nízká	1	Nízká	2	Velmi nízká	1
Stavební konstrukce	Nízká	2	Střední	3	Střední	3	Nízká	2
Technická infrastruktura	Nízká	2	Nízká	2			Velmi nízká	1
Technologie	Nízká	2	Nízká	2			Velmi nízká	1

Mimořádná událost:	Havárie potrubí směsného plynu na kontidrátové trati		
Provozní oblast:	Válcovny	Závod:	Válcovny
Technologický úsek:	Rozvody směsného plynu pro narážecí pec na kontidrátové trati		
Popis:	Únik a následný výbuch potrubí směsného plynu napojeného na uzávěry u pece		

Lidé:		
Počet osob v provozu:	25	zaměstnanci kontidrátové tratě, revizní technici
Počet zraněných osob:	3 - 5	
Počet smrtelných úrazů:	0	
Popis:		
Zranění osob vykonávajících obsluhu narážecí pece a revizních techniků.		

Životní prostředí:			
Dojde k úniku zdraví škodlivých látek v areálu:	Ano		
Dojde k úniku zdraví škodlivých látek mimo areál podniku:	Ne		
Náklady spojené s dekontaminací a čištěním (Kč):		250 - 500 tisíc	
Popis:			
Havárie nezpůsobí podstatné škody na životním prostředí.			

Stavební konstrukce:			
Majetkové ztráty na stavebních konstrukcích a technologii (Kč):	1 - 3 mil.		
Majetkové ztráty na okolních stavebních konstrukcích, které by byly poškozeny v důsledku havárie (Kč):	100 - 200 tis.		
Popis:			
Poškození samotného potrubí, narážecí pece.			

Technická infrastruktura:			
Způsobí havárie poškození infrastruktury:	Ano	Jaké:	Rozvody plynů
Ztráty způsobené v důsledku poškození infrastruktury (Kč):	250 - 400 tisíc		
Popis:			
Poškození rozvodů plynů.			

Technologie:	
Jak dlouho ovlivní výpadek části technologie v důsledku havárie kontinuitu výroby (počet dnů):	2 - 4
Ztráty způsobené za 1 den v důsledku přerušení kontinuity výroby (Kč):	200 - 300 tisíc
Popis:	
Vynaložení nákladů na opravu potrubí.	

Poznámka:

Hodnocení:

Posuzované kritérium/Experti	Expert 1		Expert 2		Expert 3		Expert 4	
	slovní hodnocení	hodnota	slovní hodnocení	hodnota	slovní hodnocení	hodnota	slovní hodnocení	hodnota
Lidé	Střední	3	Střední	3	Střední	3	Střední	3
Životní prostředí	Velmi nízká	1	Velmi nízká	1	Nízká	2	Velmi nízká	1
Stavební konstrukce	Nízká	2	Střední	3	Střední	3	Nízká	2
Technická infrastruktura	Velmi nízká	1	Nízká	2			Nízká	2
Technologie	Velmi nízká	1	Nízká	2			Nízká	2

Mimořádná událost:	Havárie potrubí směsného plynu na středojemné válcovně		
Provozní oblast:	Válcovny	Závod:	Válcovny
Technologický úsek:	Rozvody směsného plynu pro krokovou pec na středojemné válcovně		
Popis:	Únik a následný výbuch v okolí potrubí směsného plynu na přívodu pro krokové pece před halou		
Lidé:			
Počet osob v provozu:	35	zaměstnanci Středojemné válcovny, řidiči externích společností	
Počet zraněných osob:	3 - 6		
Počet smrtelných úrazů:	0		
Popis: Zranění zaměstnanců provozu Středojemné válcovny a řidičů externích společností.			
Životní prostředí:			
Dojde k úniku zdraví škodlivých látek v areálu:		Ano	
Dojde k úniku zdraví škodlivých látek mimo areál podniku:		Ne	
Náklady spojené s dekontaminací a čištěním (Kč do 100 tisíc		50 - 200 tisíc	
Popis: Havárie nezpůsobí podstatné ztráty na životním prostředí.			
Stavební konstrukce:			
Majetkové ztráty na stavebních konstrukcích a technologii (Kč):		1 - 3 mil.	
Majetkové ztráty na okolních stavebních konstrukcích, které by byly poškozeny v důsledku havárie (Kč):		250 - 350 tis.	
Popis: Poškození samotného potrubí a objektu středojemné válcovny.			
Technická infrastruktura:			
Způsobí havárie poškození infrastruktury:		Ano	Jaké: Rozvody plynů
Ztráty způsobené v důsledku poškození infrastruktury (Kč):		0,1- 1,5 mil.	
Popis: Poškození rozvodů plynů.			
Technologie:			
Jak dlouho ovlivní výpadek části technologie v důsledku havárie kontinuitu výroby (počet dnů):		3 - 6	
Ztráty způsobené za 1 den v důsledku přerušení kontinuity výroby (Kč):		200 - 300 tisíc	
Popis: Vynaložení nákladů na opravu potrubí.			
Poznámka:			

Hodnocení:

Posuzované kritérium/Experti	Expert 1		Expert 2		Expert 3		Expert 4	
	slovní hodnocení	hodnota	slovní hodnocení	hodnota	slovní hodnocení	hodnota	slovní hodnocení	hodnota
Lidé	Střední	3	Střední	3	Střední	3	Vysoká	4
Životní prostředí	Velmi nízká	1	Velmi nízká	1	Nízká	2	Velmi nízká	1
Stavební konstrukce	Nízká	2	Střední	3	Střední	3	Nízká	2
Technická infrastruktura	Nízká	2	Střední	3			Velmi nízká	1
Technologie	Nízká	2	Nízká	2			Nízká	2

Mimořádná událost:	Havárie plynojemu		
Provozní oblast:	Energetika	Závod:	Energetika
Technologický úsek:	Plynojem koksárenského plynu		
Popis:	Únik plynu otvorem o průměru 20 cm ve 20 m výšky plynojemu		
Lidé:			
Počet osob v provozu:	27	obsluha, zaměstnanci vedle situovaného závodu	
Počet zraněných osob:	5 - 10		
Počet smrtelných úrazů:	2 - 4		
Popis:			
Smrtelné úrazy zaměstnanců obsluhy a zranění osob přilehlého objektu dceřinné společnosti.			
Životní prostředí:			
Dojde k úniku zdraví škodlivých látek v areálu:	Ano		
Dojde k úniku zdraví škodlivých látek mimo areál podniku:	Ano		
Náklady spojené s dekontaminací a čištěním (Kč):	0,1 - 5,5 mil.		
Popis:			
Havárie způsobí rozptyl plynu CO po směru větru s možností přesahu přes hranice podniku.			
Stavební konstrukce:			
Majetkové ztráty na stavebních konstrukcích a technologii (Kč):	30 - 50 mil.		
Majetkové ztráty na okolních stavebních konstrukcích, které by byly poškozeny v důsledku havárie (Kč):	1 - 2 mil.		
Popis:			
Destrukce plynojemu, ohrožení statiky objektu, poškození objektu přilehlého závodu.			
Experti neuvažují s totálním poškozením konstrukce plynojemu.			
Technická infrastruktura:			
Způsobí havárie poškození infrastruktury:	Ano	Jaké:	Rozvody plynu
Ztráty způsobené v důsledku poškození infrastruktury:	do 1,2 mil.		
Popis:			
Havárie způsobí poškození rozvodů kyslíku, acetylénu a směsného plynu.			
Technologie:			
Jak dlouho ovlivní výpadek části technologie v důsledku havárie kontinuitu výroby (počet dnů):	15 - 21		
Ztráty způsobené za 1 den v důsledku přerušení kontinuity výroby (Kč):	0,1 - 0,5 mil.		
Popis:			
Havárie způsobí ztráty plynu 4000 m ³ / hod.			
V případě nutnosti opravy pístu zvýšení počtu dnů výpadku na 60.			
Poznámka:			

Hodnocení:

Posuzované kritérium/Experti	Expert 1		Expert 2		Expert 3		Expert 4	
	slovní hodnocení	hodnota	slovní hodnocení	hodnota	slovní hodnocení	hodnota	slovní hodnocení	hodnota
Lidé	Vysoká	4	Vysoká	4	Vysoká	4	Střední	3
Životní prostředí	Velmi nízká	1	Střední	3	Střední	3	Nízká	2
Stavební konstrukce	Střední	3	Vysoká	4	Vysoká	4	Vysoká	4
Technická infrastruktura	Nízká	2	Nízká	2			Nízká	2
Technologie	Střední	3	Nízká	2			Velmi nízká	1

Mimořádná událost:	Havárie rozvodu na plyn propan - butan		
Provozní oblast:	Ostatní provozní oblasti	Závod:	Hutní a chemické laboratoře
Technologický úsek:	Rozvody propan - butanu pro tavicí pec		
Popis:	Únik plynu otvorem o průměru 5 cm		

Lidé:		
Počet osob v provozu:	25	zaměstnanci Hutních a chemických laboratoří, bezpečnostní technici
Počet zraněných osob:	5 - 8	
Počet smrtelných úrazů:	1 - 2	
Popis:		
Smrtelné úrazy zaměstnanců provádějící obsluhu tavicí pece, zaměstnanců pohybujících se v blízkosti potrubí, zranění ostatních zaměstnanců.		

Životní prostředí:	
Dojde k úniku zdraví škodlivých látek v areálu:	Ne
Dojde k úniku zdraví škodlivých látek mimo areál podniku:	Ne
Náklady spojené s dekontaminací a čištěním (Kč):	50 - 100 tisíc
Popis:	
Havárie nezpůsobí podstatné škody na životním prostředí.	

Stavební konstrukce:		
Majetkové ztráty na stavebních konstrukcích a technologii (Kč):	1 - 2 mil.	
Majetkové ztráty na okolních stavebních konstrukcích, které by byly poškozeny v důsledku havárie:		0,5 - 1 mil.
Popis:		
Poškození samotného potrubí, tavicí pece, budovy Hutních a chemických laboratoří.		

Technická infrastruktura:			
Způsobí havárie poškození infrastruktury:	Ano	Jaké:	Rozvody plynů
Ztráty způsobené v důsledku poškození infrastruktury (Kč):	do 1 mil.		
Popis:			
Poškození potrubních rozvodů ostatních plynů v objektu Hutních a chemických laboratoří.			

Technologie:	
Jak dlouho ovlivní výpadek části technologie v důsledku havárie kontinuitu výroby (počet dnů):	4 - 5
Ztráty způsobené za 1 den v důsledku přerušení kontinuity výroby (Kč):	0,5 - 1 mil.
Popis:	
Havárie způsobí odstavení rozvodu propan - butanu, není možné provádět laboratorní zkoušky.	

Poznámka:

Hodnocení:

Posuzované kritérium/Experti	Expert 1		Expert 2		Expert 3		Expert 4	
	slovní hodnocení	hodnota	slovní hodnocení	hodnota	slovní hodnocení	hodnota	slovní hodnocení	hodnota
Lidé	Vysoká	4	Vysoká	4	Nízká	2	Vysoká	4
Životní prostředí	Velmi nízká	1	Velmi nízká	1	Velmi nízká	1	Velmi nízká	1
Stavební konstrukce	Nízká	2	Střední	3	Nízká	2	Nízká	2
Technická infrastruktura	Nízká	2	Nízká	2			Velmi nízká	1
Technologie	Nízká	2	Nízká	2			Nízká	2

Mimořádná událost:	Havárie acetyleny z tlakové lahve ve skladu technických plynů		
Provozní oblast:	Ostatní provozní oblasti	Závod:	Řízení skladů a zásob
Technologický úsek:	Sklad technických plynů		
Popis:	Roztržení tlakové lahve a její odlet do okolních prostorů		

Lidé:

Počet osob v provozu: 5

Počet zraněných osob: 1 - 3

Počet smrtelných úrazů: 0 - 1

Popis:

Smrtelný úraz je pravděpodobný u zaměstnance obsluhující tlakovou lahev.

Životní prostředí:

Dojde k úniku zdraví škodlivých látek v areálu: Ne

Dojde k úniku zdraví škodlivých látek mimo areál podniku: Ne

Náklady spojené s dekontaminací a čištěním (Kč): 50 - 100 tisíc

Popis:

Může dojít pouze k malému úniku provozních kapalin z manipulačních strojů a zařízení.

Stavební konstrukce:

Majetkové ztráty na stavebních konstrukcích a technologii (Kč): 0,1 - 1 mil.

Majetkové ztráty na okolních stavebních konstrukcích, které by byly poškozeny v důsledku havárie (Kč): 100 - 200 tis.

Popis:

Poškození zděného objektu skladu, nepřímé škody na okolních objektech.

Technická infrastruktura:

Způsobí havárie poškození infrastruktury: Ano Jaké:

Ztráty způsobené v důsledku poškození infrastruktury (Kč): 0 - 100 tisíc

Popis:

Malé poškození technické infrastruktury.

Technologie:

Jak dlouho ovlivní výpadek části technologie v důsledku havárie kontinuitu výroby (počet dnů): 1

Ztráty způsobené za 1 den v důsledku přerušení kontinuity výroby (Kč): 20 - 30 tisíc

Popis:

Nutná dodávka tlakové lahve externí firmou, ošetřeno smluvně.

Poznámka:
Hodnocení:

Posuzované kritérium/Experti	Expert 1		Expert 2		Expert 3		Expert 4	
	slovní hodnocení	hodnota	slovní hodnocení	hodnota	slovní hodnocení	hodnota	slovní hodnocení	hodnota
Lidé	Nízká	2	Střední	3	Velmi nízká	1	Velmi nízká	1
Životní prostředí	Velmi nízká	1	Velmi nízká	1	Velmi nízká	1	Velmi nízká	1
Stavební konstrukce	Velmi nízká	1	Nízká	2	Nízká	2	Nízká	2
Technická infrastruktura	Velmi nízká	1	Velmi nízká	1			Velmi nízká	1
Technologie	Velmi nízká	1	Velmi nízká	1			Velmi nízká	1

Popis:	Určení vah kritérií
Metoda:	Bodovací

Hodnocení:

Posuzované kritérium/Experti	Expert 1	Expert 2	Expert 3	Expert 4
Lidé	4	4	4	4
Životní prostředí	2	3	2	3
Stavební konstrukce	3	4	3	4
Technická infrastruktura	2	2		2
Technologie	3	2		3
Celkové hodnocení	14	15	9	16

Váhový koeficient
0,273
0,170
0,239
0,136
0,182
1

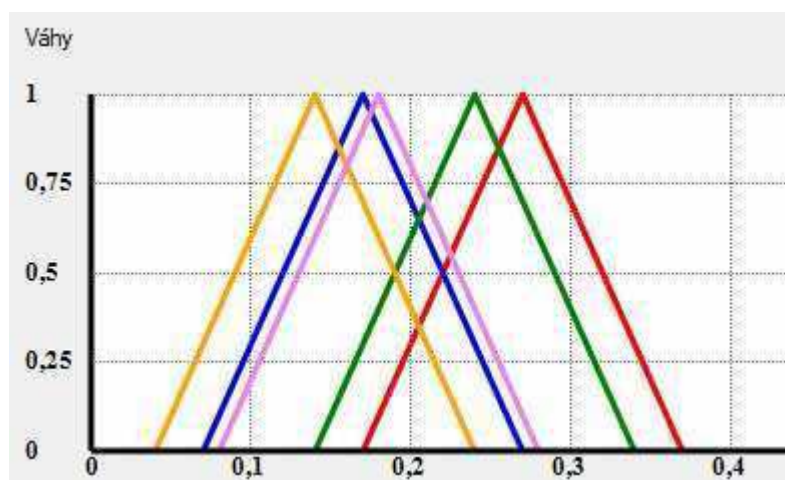
Příloha C Případová studie zahrnující vliv neurčitosti informací

Parametry výpočtu

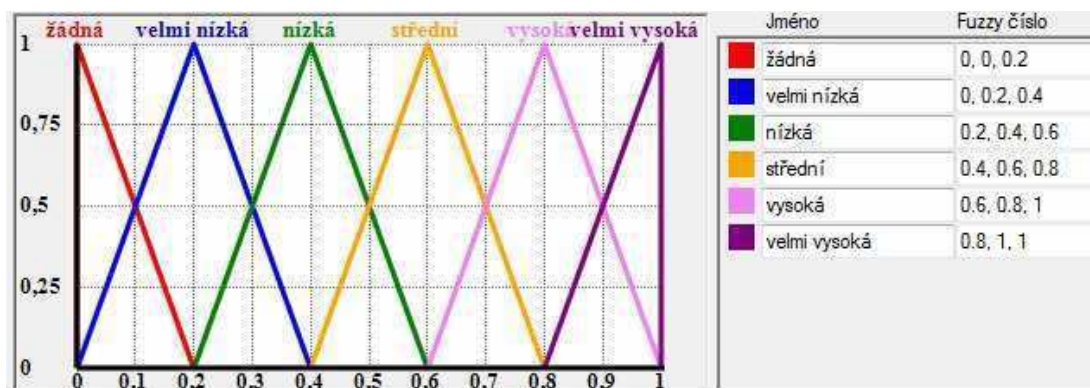
Počet expertů: 4 (všichni experti mají stejnou váhu)

Počet kritérií: 5 (velikost jádra převzata z předešlého výpočtu, velikost nosiče 0,2)

Typ škály: jednoduchý



Obr. 1 Váhy kritérií



Obr. 2 Stupnice hodnocení s fuzzy logikou

Při použití fuzzy logiky je dále nutné definovat podrobněji hodnocení experta pro případ, kdy se expert k danému kritériu nevyjádří nebo si myslí, že dané kritérium nelze určit. Ve variantě, kdy se expert k danému kritériu nevyjádří, zvýší se vliv zbylých expertů na výsledné hodnocení daného kritéria. Pokud si expert myslí, že kritérium nelze určit, je k uvedenému hodnocení přiřazeno neurčité fuzzy hodnocení. Důsledkem je, že se ve výsledném hodnocení zvýší neurčitost.

	01. Nádrže uskladňující surový koksárenský benzol <i>Neurčeno</i>
	02. Rozvody koksárenského plynu <i>Neurčeno</i>
	03. Rozvody zemního plynu <i>Neurčeno</i>
	04. Rozvody vysokopecního plynu <i>Neurčeno</i>
	05. Rozvody koksárenského plynu <i>Neurčeno</i>
	06. Regulační stanice zemního plynu <i>Neurčeno</i>
	07. Směsná stanice zemního plynu a dusíku <i>Neurčeno</i>
	08. Zásobníky na plyný vodík <i>Neurčeno</i>
	09. Rozvody zemního plynu pro vysokoteplotní ohřevy výlevek na zařízení pro plynulé odlévání oceli <i>Neurčeno</i>
	10. Rozvody směsného plynu pro ohřívací pec na hrubé válcovně <i>Neurčeno</i>
	11. Rozvody směsného plynu pro narážecí pec na kontidrátové trati <i>Neurčeno</i>
	12. Rozvody směsného plynu pro krokovou pec na středoječné válcovně <i>Neurčeno</i>
	13. Plynojem koksárenského plynu <i>Neurčeno</i>
	14. Rozvody propan - butanu pro tavicí pec <i>Neurčeno</i>
	15. Sklad technických plynů <i>Neurčeno</i>

Obr. 3 Hodnocené technologické úseky – výchozí stav (*neurčeno*)

	13. Plynojem koksárenského plynu <i>střední</i>
	08. Zásobníky na plyný vodík <i>střední</i>
	01. Nádrže uskladňující surový koksárenský benzol <i>nízká až střední</i>
	12. Rozvody směsného plynu pro krokovou pec na středoječné válcovně <i>nízká až střední</i>
	14. Rozvody propan - butanu pro tavicí pec <i>nízká</i>
	05. Rozvody koksárenského plynu <i>nízká</i>
	10. Rozvody směsného plynu pro ohřívací pec na hrubé válcovně <i>nízká</i>
	11. Rozvody směsného plynu pro narážecí pec na kontidrátové trati <i>nízká</i>
	02. Rozvody koksárenského plynu <i>nízká</i>
	04. Rozvody vysokopecního plynu <i>nízká</i>
	03. Rozvody zemního plynu <i>nízká</i>
	09. Rozvody zemního plynu pro vysokoteplotní ohřevy výlevek na zařízení pro plynulé odlévání oceli <i>velmi nízká až nízká</i>
	06. Regulační stanice zemního plynu <i>velmi nízká až nízká</i>
	07. Směsná stanice zemního plynu a dusíku <i>velmi nízká až nízká</i>
	15. Sklad technických plynů <i>velmi nízká až nízká</i>

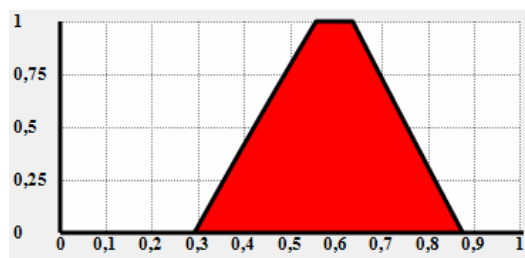
Obr. 4 Výsledné hodnocení a pořadí posuzovaných technologických úseků
(varianta A – předpokládá se, že lze použít hodnocení: ke kritériu se expert nevyjádří)



Obr. 5 Podrobné hodnocení plynojemu koksárenského plynu
(varianta A – předpokládá se, že lze použít hodnocení: ke kritériu se expert nevyjádří)

	13. Plynojem koksárenského plynu <i>nízká až střední</i>
	08. Zásobníky na plyný vodík <i>nízká až střední</i>
	01. Nádrže uskladňující surový koksárenský benzol <i>nízká až střední</i>
	12. Rozvody směsného plynu pro krokovou pec na středojemné válcovně <i>nízká až střední</i>
	14. Rozvody propan - butanu pro tavící pec <i>nízká až střední</i>
	10. Rozvody směsného plynu pro ohřívací pec na hrubé válcovně <i>nízká až střední</i>
	05. Rozvody koksárenského plynu <i>nízká až střední</i>
	11. Rozvody směsného plynu pro narážecí pec na kontidrátové trati <i>nízká až střední</i>
	02. Rozvody koksárenského plynu <i>nízká až střední</i>
	04. Rozvody vysokopecního plynu <i>nízká až střední</i>
	03. Rozvody zemního plynu <i>nízká</i>
	09. Rozvody zemního plynu pro vysokoteplotní ohřevy výlevků na zařízení pro plynulé odlévání oceli <i>velmi nízká až nízká</i>
	07. Směsná stanice zemního plynu a dusíku <i>velmi nízká až nízká</i>
	06. Regulační stanice zemního plynu <i>velmi nízká až nízká</i>
	15. Sklad technických plynů <i>velmi nízká až nízká</i>

Obr. 6 Výsledné hodnocení a pořadí posuzovaných technologických úseků
(varianta B – předpokládá se, že lze použít hodnocení: kritérium nelze určit)



Obr. 7 Podrobné hodnocení plynojemu koksárenského plynu
(varianta B – předpokládá se, že lze použít hodnocení: kritérium nelze určit)

Příloha D Výpočetní simulace havárie zemního plynu v oblasti skladu motorů

Podmínky, za kterých byla provedena simulace havárie:

- Rychlost větru – 5 m.s^{-1} , třída atmosférické stability – D,
- Rychlost větru – 1.7 m.s^{-1} , třída atmosférické stability – F,
- Směr proudění větru – jihozápadní,
- Teplota vzduchu – $20 \text{ }^{\circ}\text{C}$,
- Bez inverze.

K určení dopadu uvažované mimořádné události způsobené únikem zemního plynu z potrubí v oblasti skladu motorů je použito modelování počítačovými simulacemi v programu EFFECTSGIS (B) a doplňkově v programu ALOHA (A). Tab. 1 shrnuje vstupní data.

Tab. 1 Seznam scénářů uvažované havárie

Scénář č.	Látka	Rychlost větru	Třída atmosférické stability	Uvažovaný model	Typ úniku
1A.	Zemní plyn	5 m.s^{-1}	D	Chamberlain model	Celý průřez
2A.		1.7 m.s^{-1}	F		Celý průřez
3A.		5 m.s^{-1}	D		Otvor 2 cm
4A.		1.7 m.s^{-1}	F		Otvor 2 cm
5A.		5 m.s^{-1}	D	Gaussian model	Celý průřez
1B.		5 m.s^{-1}	D	Chamberlain model	Celý průřez
2B.		5 m.s^{-1}	D	Chamberlain model	2 cm
3B.		5 m.s^{-1}	D	Multi energy explosion model	Celý průřez

Dopady mimořádné události shrnují následující tab. 2, 3 a 4.

Tab. 2 Dopady uvažované havárie simulované programem ALOHA

Scénář č.	Maximální délka plamene	Maximální poměr odhořelé látky v čase	Celkové odhořelé množství
1A.	4 m	81.4 kg.min ⁻¹	31 kg
2A.	4 m	81.4 kg.min ⁻¹	31 kg
3A.	2 m	13.0 kg.min ⁻¹	31 kg
4A.	2 m	13.0 kg.min ⁻¹	31 kg
5A.	-	-	-

Tab. 3 Dopady uvažované havárie simulované programem EFFECTSGIS, 1

Scénář č.	Průměrná rychlost úniku v čase (za 40 s)	Tepelná radiace	Délka plamene	Mortalita	Bezpečná vzdálenost
1B.	0.12 kg.s ⁻¹	21.65 kW.m ⁻²	12.58 m	64 %	23.8 m
2B.	0.05 kg.s ⁻¹	0.13 kW.m ⁻²	2.49 m	0 %	3.9 m

Tab. 4 Dopady uvažované havárie simulované programem EFFECTSGIS, 2

Scénář č.	Přetlak	Doba trvání exploze	Škody	Škody na cihlových domech	Škody na konstrukcích
3B.	0.081 Bar	33 ms	malé	Obyvatelné po opravách	malé

Příloha E Výpočetní simulace havárie koksárenského plynu v oblasti údržby VP

Podmínky, za kterých byla provedena simulace havárie:

- Rychlost větru – 5 m.s^{-1} , třída atmosférické stability – D,
- Rychlost větru – 1.7 m.s^{-1} , třída atmosférické stability – F,
- Směr proudění větru – jihozápadní,
- Teplota vzduchu – $20 \text{ }^{\circ}\text{C}$,
- Bez inverze.

K určení dopadu uvažované mimořádné události způsobené únikem koksárenského plynu z potrubí v oblasti údržby vysokých pecí je použito modelování počítačovými simulacemi v programu EFFECTSGIS (B) a doplňkově v programu ALOHA (A) a. Tab. 1 shrnuje vstupní data.

Tab. 1 Seznam scénářů uvažované havárie

Scénář č.	Látka	Rychlost větru	Třída atmosférické stability	Uvažovaný model	Typ úniku
1A.	Koksárenský plyn	5 m.s^{-1}	D	Chamberlain model	Celý průřez
2A.		1.7 m.s^{-1}	F		Celý průřez
3A.		5 m.s^{-1}	D		Otvor 5 cm
4A.		1.7 m.s^{-1}	F		Otvor 5 cm
5A.		5 m.s^{-1}	D	Gaussian model	Celý průřez
1B.		5 m.s^{-1}	D	Chamberlain model	Celý průřez
2B.		5 m.s^{-1}	D	Chamberlain model	Otvor 5 cm

Dopady mimořádné události shrnují následující tab. 2 a 3.

Tab. 2 Dopady uvažované havárie simulované programem ALOHA

Scénář č.	Maximální délka plamene	Maximální poměr odhořelé látky v čase	Celkové odhořelé množství
1A.	21 m	1.76 kg.min ⁻¹	1.43 kg
2A.	21 m	1.76 kg.min ⁻¹	1.43 kg
3A.	6 m	110 kg.min ⁻¹	2.14 kg
4A.	5 m	110 kg.min ⁻¹	2.14 kg
5A.	-	-	-

Tab. 3 Dopady uvažované havárie simulované programem EFFECTSGIS, 1

Scénář č.	Průměrná rychlost úniku v čase (za 40 s)	Tepelná radiace	Délka plamene	Mortalita	Bezpečná vzdálenost
1B.	10.83 kg.s ⁻¹	12.19 kW.m ⁻²	66.42 m	6 %	95.7 m
2B.	0.751 kg.s ⁻¹	2.00 kW.m ⁻²	9.22 m	0 %	12.5 m

Příloha F Výpočetní simulace havárie úniku chemické látky z plynojemu

Podmínky, za kterých byla provedena simulace havárie jsou uvedeny v tab. 1.

Tab. 1 Uvažované podmínky pro modelování

Podmínka	Hodnota
Teplota vzduchu	Zima – 1,6 °C
	Léto – 20 °C
Rychlost vzduchu	Zima – 4,9 m.s ⁻¹
	Léto – 3,2 m.s ⁻¹
Směr proudění vzduchu	jihozápadní
Třída atmosférické stability	Zima – D
	Léto – C
Inverze	0
Vlhkost	50 %

K určení dopadu uvažované mimořádné události způsobené únikem koksárenského plynu z plynojemu je použito modelování počítačovými simulacemi v programech ALOHA (A) a TerEX (B). Tab. 2 shrnuje vstupní data.

Tab. 2 Seznam scénářů uvažované havárie

Scénář č.	Rychlost větru	Třída atmosférické stability	Část dne	Uvažovaný model	Typ úniku
1A.	4,9 m.s ⁻¹	C	–	Disperse	Otvor 20 cm, umístěný ve výšce 20 m na plynojemu
2A.	4,9 m.s ⁻¹	C	–	Flash fire	
3A.	3,2 m.s ⁻¹	D	–	Disperse	
4A.	3,2 m.s ⁻¹	D	–	Flash fire	
1B.	4,9 m.s ⁻¹	C	Noc	Disperse	
2B.	4,9 m.s ⁻¹	C	Den	Disperse	
3B.	3,2 m.s ⁻¹	D	Noc	Disperse	
4B.	3,2 m.s ⁻¹	D	Den	Disperse	

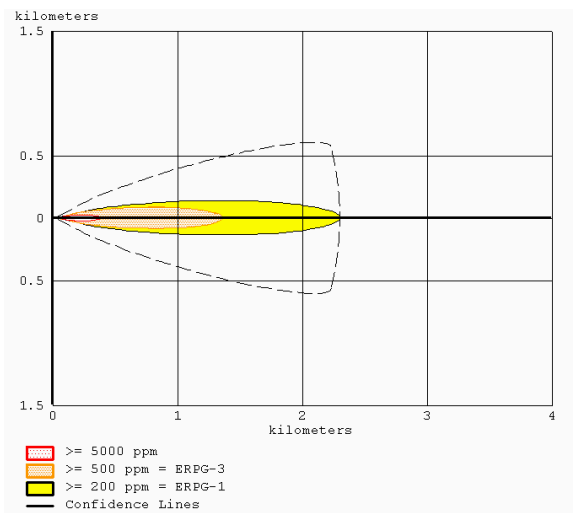
Dopady mimořádné události shrnují následující tab. 3 a 4 a obr 1, 2, 3 a 4.

Tab. 3 Dopady uvažované havárie simulované programem ALOHA

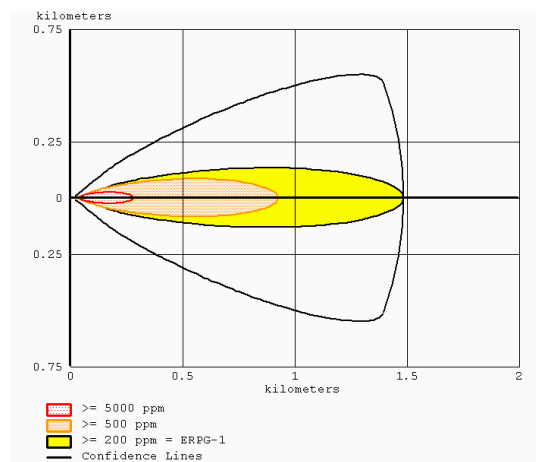
Scénář č.	Maximální poměr odhořelé látky v čase	Smrtelná zóna	Oblast hořlavosti
1A.	12,100 kg.min ⁻¹	384 m	–
2A.	12,100 kg.min ⁻¹	–	336 m
3A.	11,300 kg.min ⁻¹	280 m	–
4A.	11,300 kg.min ⁻¹	–	247 m

Tab. 4 Dopady uvažované havárie simulované programem TerEx

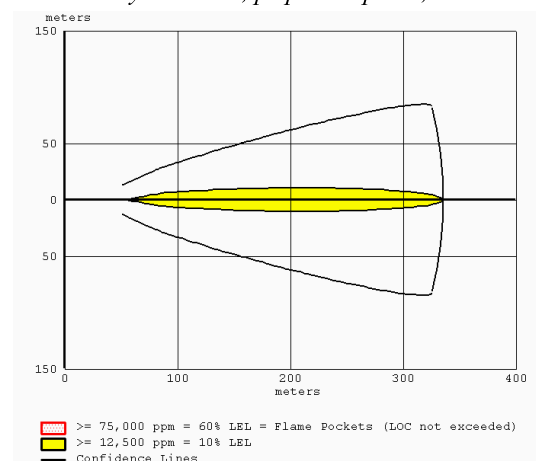
Scénář č.	Nutná evakuace	Nutný průzkum	Oblast hořlavosti
1B.	378 m	567 m	26 m
2B.	234 m	351 m	16 m
3B.	401 m	503 m	30 m
4B.	323 m	420 m	28 m



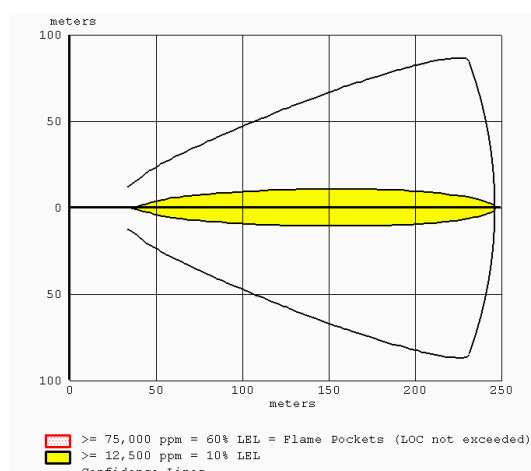
Obr. 1 Zóny ohrožení, případ disperse, scénář 1A



Obr. 2 Zóny ohrožení, případ disperse, scénář 3A



Obr. 3 Zóny ohrožení, případ flash fire, scénář 2A



Obr. 4 Zóny ohrožení, případ flash fire, scénář 4A

Posouzení dopadů účinků posuzované mimořádné události na objekt nacházející se ve vzdálenosti 120 m na západ a 54 m na jih je obsahem tab. 5. Provoz uvažovaného objektu je nepřetržitý a na každé směně zde pracuje 25 interních zaměstnanců.

Tab. 5 Koncentrace v posuzovaném objektu

Scénář č.	Koncentrace v posuzovaném objektu
1A.	0,284 ppm
2A.	0 kW.m ⁻²
3A.	0,0507 kW.m ⁻²
4A.	48 ppm
5A.	0 kW.m ⁻²
6A.	0,0436 kW.m ⁻²

Příloha G Výpočetní simulace havárie benzolových nádrží

Podmínky, za kterých byla provedena simulace havárie jsou uvedeny v tab. 1.

Tab. 1 Uvažované podmínky pro modelování

Podmínka	Hodnota
Teplota vzduchu	20 °C
Rychlost vzduchu	3,2 m.s ⁻¹
Směr proudění vzduchu	jihozápadní
Třída atmosférické stability	C
Inverze	0
Vlhkost	50 %

K určení dopadu uvažované mimořádné události způsobené únikem koksárenského benzolu z nádrže je použito modelování počítačovými simulacemi v programu ALOHA (A). Tab. 2 shrnuje vstupní data.

Tab. 2 Seznam scénářů uvažované havárie

Scénář č.	Rychlost větru	Třída atmosférické stability	Uvažovaný model	Typ úniku
1A.	3,2 m.s ⁻¹	C	Tvorba louže	Otvor 5 cm
2A.	4,9 m.s ⁻¹	C	Pool fire	Otvor 5 cm
3A.	3,2 m.s ⁻¹	C	Tvorba louže	Otvor 20 cm
4A.	3,2 m.s ⁻¹	C	Pool fire	Otvor 20 cm

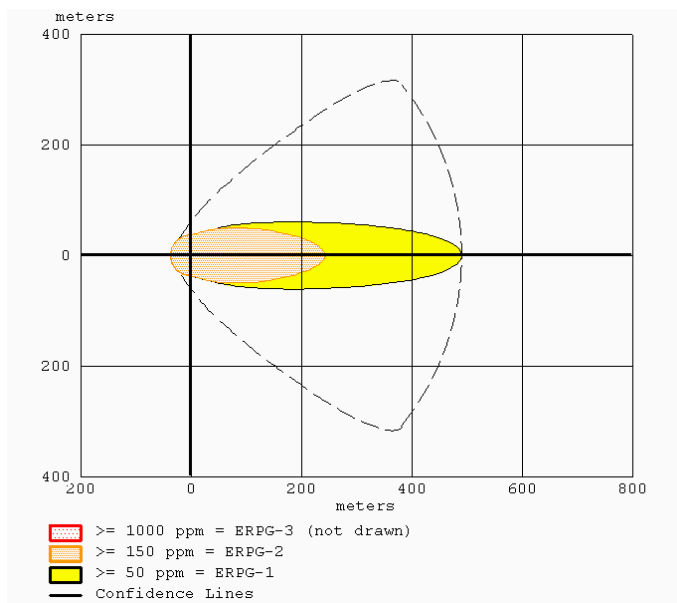
Dopady mimořádné události shrnují následující tab. 3 a 4 a obr 1 a 2.

Tab. 3 Dopady uvažované havárie simulované programem ALOHA, 1

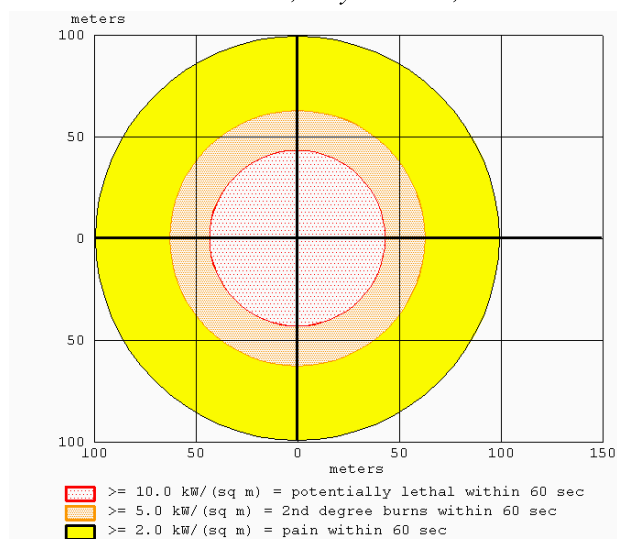
Scénář č.	Maximální poměr odhořelé látky v čase	Průměr louže	Smrtelná zóna
1A.	58 kg. min ⁻¹	32 m	21 m
3A.	344 kg. min ⁻¹	75 m	52 m

Tab. 4 Dopady uvažované havárie simulované programem ALOHA, 2

Scénář č.	Maximální poměr odhořelé látky v čase	Průměr louže
2A.	95,9 kg. min ⁻¹	5 m
4A.	1 530 kg. min ⁻¹	20 m



Obr. 1 Tvorba louže, zóny ohrožení, scénář 3A



Obr. 2 Pool fire, zóny ohrožení, scénář 4A

Příloha H Výpočetní simulace havárie zásobníků na vodík

Podmínky, za kterých byla provedena simulace havárie jsou uvedeny v tab. 1.

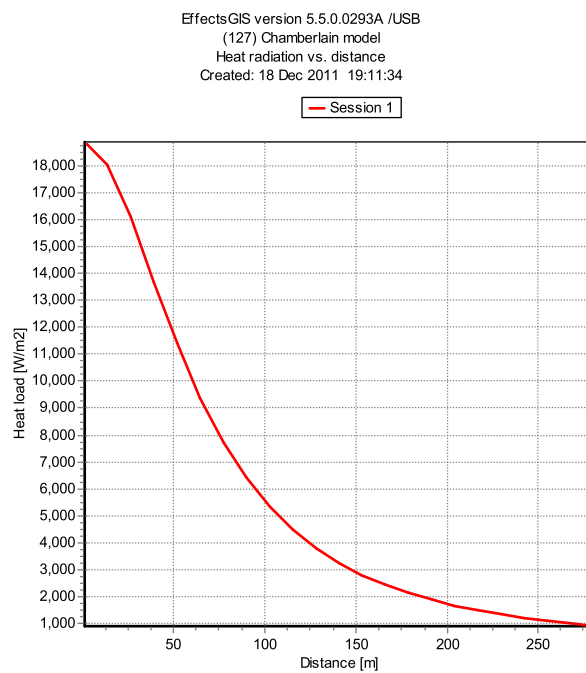
Tab. 1 Uvažované podmínky pro modelování

Podmínka	Hodnota
Teplota vzduchu	1,6 °C
Rychlost vzduchu	4,9 m.s ⁻¹
Směr proudění vzduchu	jihozápadní
Třída atmosférické stability	C
Inverze	0
Vlhkost	50 %

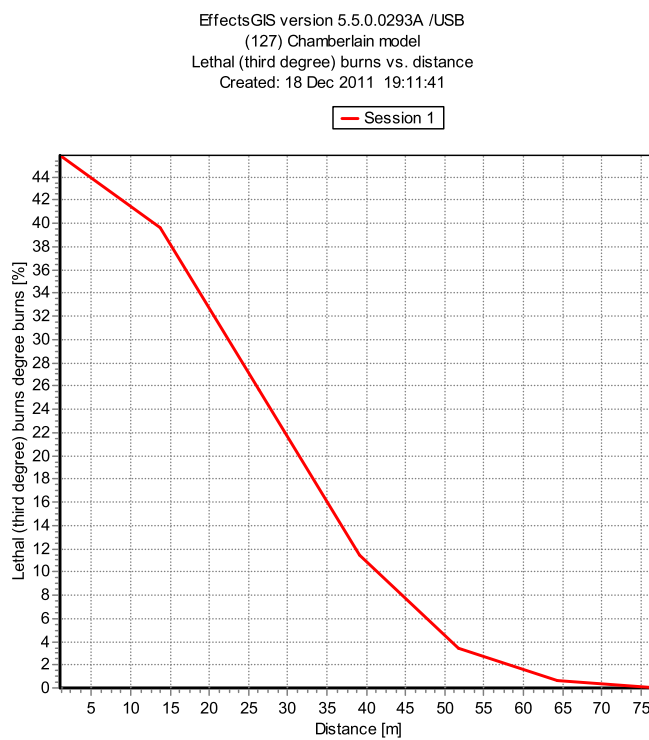
K určení dopadu uvažované mimořádné události způsobené únikem vodíku ze zásobníku je použito modelování počítačovými simulacemi v programu EFFECTSGIS. Tab. 2 a obr. 1, 2, 3, 4 a 5 shrnují dopady posuzované mimořádné události.

Tab. 2 Dopady uvažované havárie simulované programem EFFECTSGIS

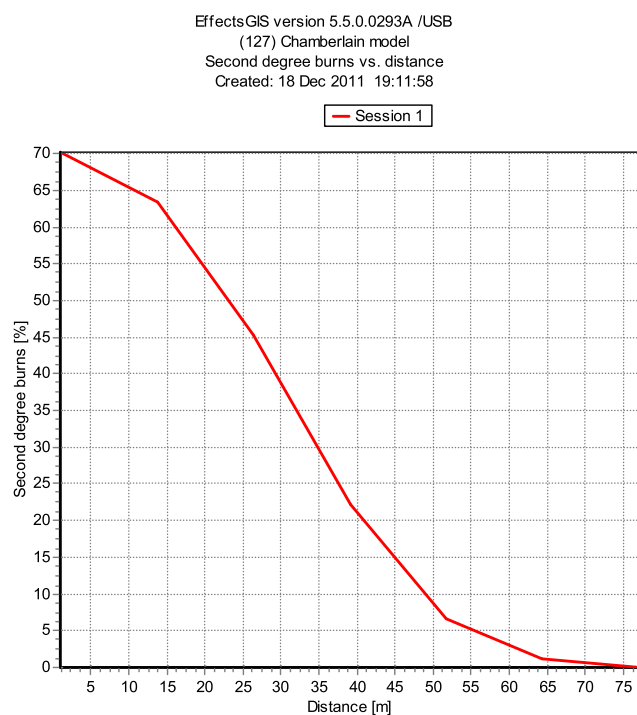
Rychlost úniku v čase	Tepelná radiace v 10 m	Mortalita	Bezpečná vzdálenost	Délka plamene
69,31 kg/s	18,41 kW/m ²	42,474 %	266,48 m	65,81 m



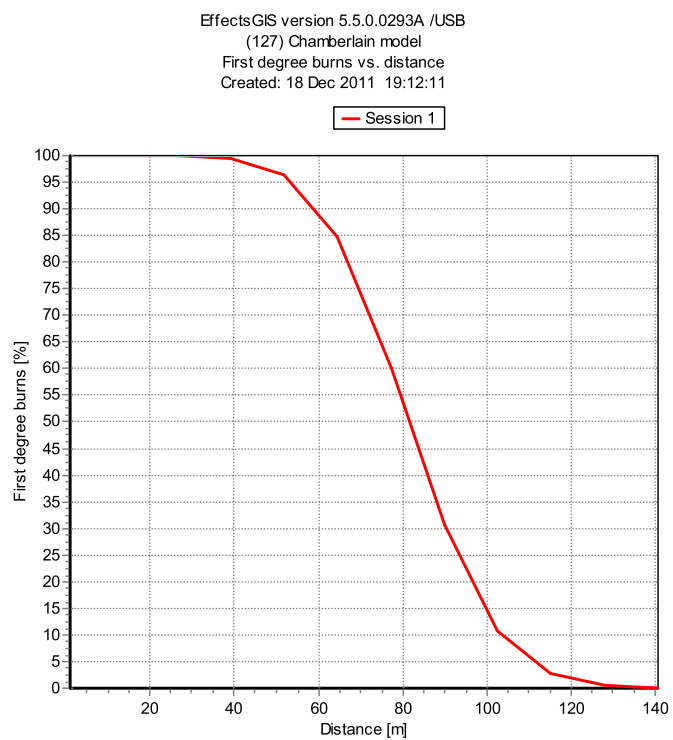
Obr. 1 Závislost tepelné radiace na vzdálenosti



Obr. 2 Závislost třetího stupně popálenin na vzdálenosti

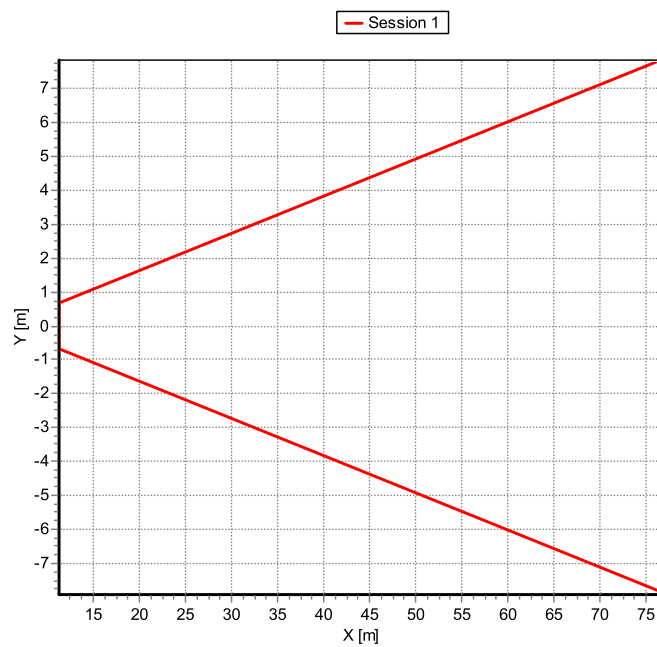


Obr. 3 Závislost druhého stupně popálenin na vzdálenosti



Obr. 4 Závislost prvního stupně popálenin na vzdálenosti

EffectsGIS version 5.5.0.0293A /USB
(127) Chamberlain model
Flame area in XY plane (top view)
Created: 18 Dec 2011 19:12:18



Obr. 5 Oblast hořlavosti

Příloha I Výpočetní simulace havárie vysokoteplotních ohřevů výlevků

Podmínky, za kterých byla provedena simulace havárie jsou uvedeny v tab. 1.

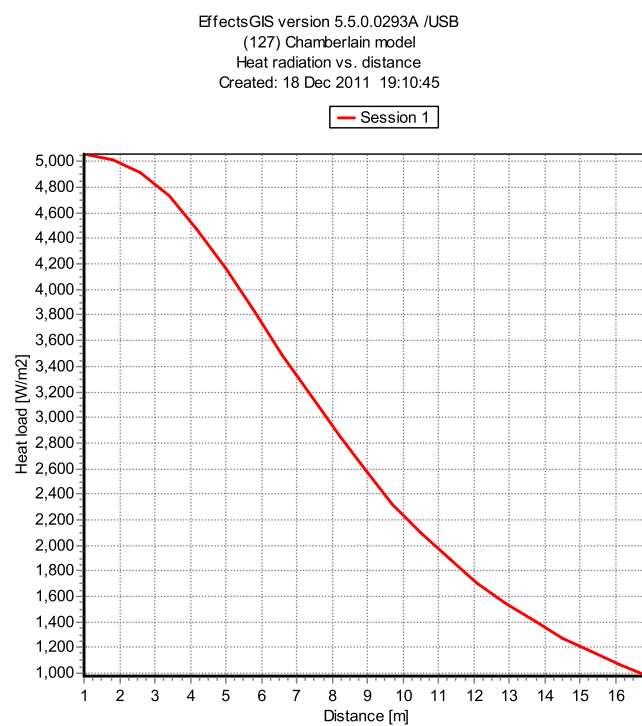
Tab. 1 Uvažované podmínky pro modelování

Podmínka	Hodnota
Teplota vzduchu	1,6 °C
Rychlost vzduchu	4,9 m.s ⁻¹
Směr proudění vzduchu	jihozápadní
Třída atmosférické stability	C
Inverze	0
Vlhkost	50 %

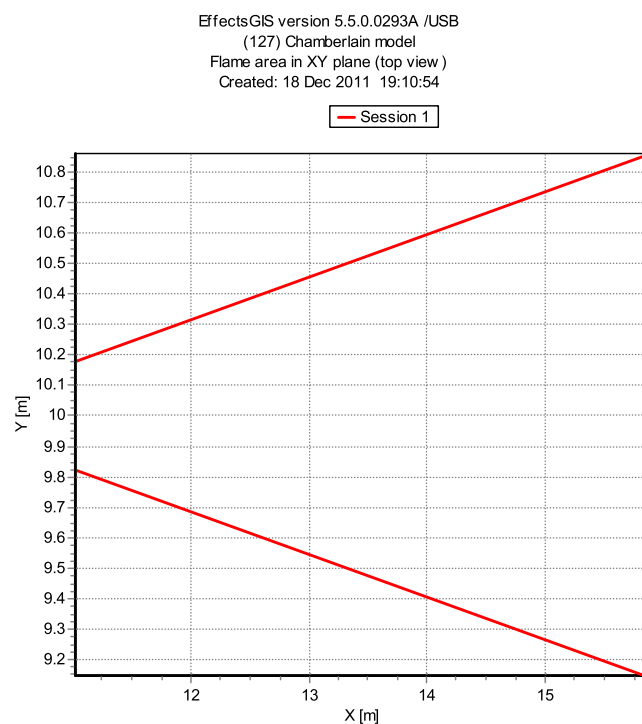
K určení dopadu uvažované mimořádné události způsobené únikem zemního plynu z potrubí pro vysokoteplotní ohřevy výlevků je použito modelování počítačovými simulacemi v programu EFFECTSGIS. Tab. 2 a obr. 1 a 2 shrnují dopady posuzované mimořádné události.

Tab. 2 Dopady uvažované havárie simulované programem EFFECTSGIS

Rychlost úniku v čase	Tepelná radiace v 10 m	Mortalita	Bezpečná vzdálenost	Délka plamene
0,56483 kg/s	2,25 kW/m ²	0 %	16,7 m	4,85 m



Obr. 1 Závislost tepelné radiace na vzdálenosti



Obr. 2 Oblast hořlavosti

Příloha J Výpočetní simulace havárie regulační stanice

Podmínky, za kterých byla provedena simulace havárie jsou uvedeny v tab. 1.

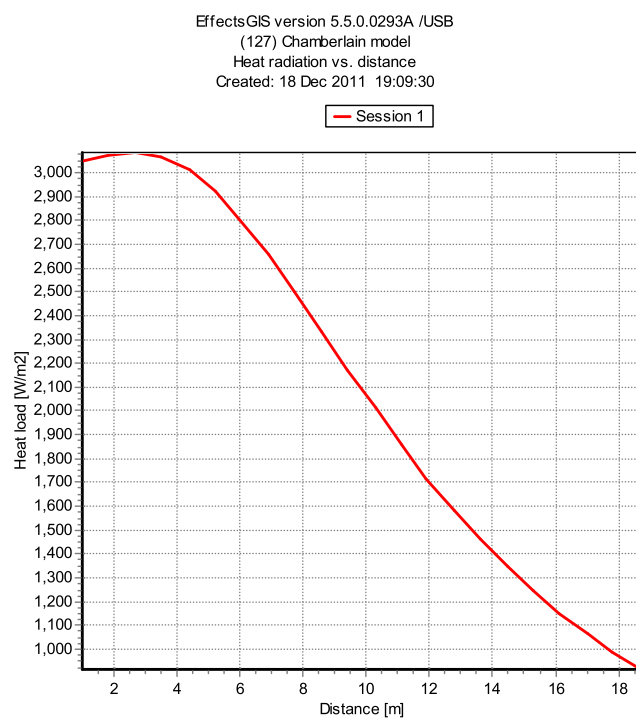
Tab. 1 Uvažované podmínky pro modelování

Podmínka	Hodnota
Teplota vzduchu	1,6 °C
Rychlost vzduchu	4,9 m.s ⁻¹
Směr proudění vzduchu	jihozápadní
Třída atmosférické stability	C
Inverze	0
Vlhkost	50 %

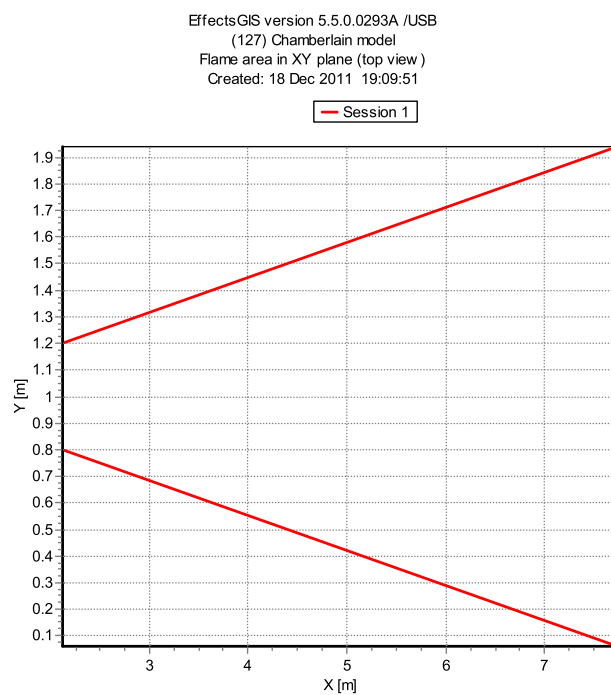
K určení dopadu uvažované mimořádné události způsobené únikem zemního plynu z potrubí regulační stanice je použito modelování počítačovými simulacemi v programu EFFECTSGIS. Tab. 2 a obr. 1 a 2 shrnují dopady posuzované mimořádné události.

Tab. 2 Dopady uvažované havárie simulované programem EFFECTSGIS

Rychlost úniku v čase	Tepelná radiace v 10 m	Mortalita	Bezpečná vzdálenost	Délka plamene
0,70013 kg/s	2,06 kW/m ²	0 %	17,67 m	5,62 m



Obr. 1 Závislost tepelné radiace na vzdálenosti



Obr. 2 Oblast hořlavosti

Příloha K Výťah z bezpečnostních listů chemických látek a směsí

Bezpečnostní list – Koksárenský plyn

podle čl. 31 a Přílohy II nařízení (ES) č. 1907/2006 - REACH

ODDÍL 9: Fyzikální a chemické vlastnosti

9.1. Informace o základních fyzikálních a chemických vlastnostech

Vzhled:	Plyn.
Zápach:	Typický pro koksárenský plyn.
Barva:	Bezbarvý.

Důležité informace pro zdraví, bezpečnost a životní prostředí

pH:	Nevztahuje se.
Bod tání/tuhnutí:	Nevztahuje se.
Rozmezí bodu varu:	Nevztahuje se.
Bod vzplanutí:	Nevztahuje se.
Hořlavost (pevná látka, plyn):	Plyn je extrémně hořlavý a tvoří výbušné směsi se vzduchem.
Výbušné vlastnosti:	Plyn je extrémně hořlavý a tvoří výbušné směsi se vzduchem. Dolní mez výbušnosti: 4-5% (při 20°C a atmosférickém tlaku). Horní mez výbušnosti: 30-35% (při 20°C a atmosférickém tlaku).
Oxidační vlastnosti:	Žádné oxidační vlastnosti.
Tlak páry:	Nevztahuje se.

Povrchové napětí:	Nevztahuje se.
Relativní hustota:	0.3 — 0.5 vzhledem ke vzduchu. Plyn lehčí než vzduch.

**Stabilita v organických rozpouštědlech
a identita příslušného rozkladného produktu:** Není stanoveno.

Rozpustnost:	Nízká rozpustnost ve vodě. Hodnota není stanovena.
Rozdělovací koeficient n-octanol/voda:	Hodnota není stanovena.
Viskozita:	Není stanovena.
Teplota samovznícení:	Okolo 600°C.

9.2. Další informace

Nejsou.

Bezpečnostní list – Vysokopecní plyn

podle čl. 31 a Přílohy II nařízení (ES) č. 1907/2006 - REACH

ODDÍL 9: Fyzikální a chemické vlastnosti

9.1. Informace o základních fyzikálních a chemických vlastnostech

Vzhled:	Plyn.
Zápach:	Bez zápachu.
Barva:	Bezbarvý.

Důležité informace pro zdraví, bezpečnost a životní prostředí

pH:	Nevztahuje se.
Bod tání/tuhnutí:	Nevztahuje se.
Rozmezí bodu varu:	Nevztahuje se.
Bod vzplanutí:	Nevztahuje se.
Hořlavost (pevná látka, plyn):	Plyn je extrémně hořlavý a tvoří výbušné směsi se vzduchem.
Výbušné vlastnosti:	Plyn je extrémně hořlavý a tvoří výbušné směsi se vzduchem. Dolní mez výbušnosti: 12-35% (při 20°C a atmosférickém tlaku). Horní mez výbušnosti: 70-75% (při 20°C a atmosférickém tlaku).

Oxidační vlastnosti:	Žádné oxidační vlastnosti.
Tlak páry:	Nevztahuje se.
Povrchové napětí:	Nevztahuje se.
Relativní hustota:	1.1 vzhledem ke vzduchu. Plyn těžší než vzduch. Riziko přetrvávání v nízko položených místech.

Stabilita v organických rozpouštědlech
a identita příslušného rozkladného produktu: Není stanoveno.

Rozpustnost:	Nízká rozpustnost ve vodě. Hodnota není stanovena.
--------------	---

Rozdělovací koeficient n-octanol/voda: Hodnota není stanovena.

Viskozita: Nevztahuje se.

Teplota samovznícení: Okolo 630°C.

9.2. Další informace

Nejsou.

BEZPEČNOSTNÍ LIST

zpracovaný podle Nařízení (ES) č. 1907/2006 (REACH)

ZEMNÍ PLYN NEODORIZOVANÝ, V PLYNNÉM STAVU S TLAKEM NAD 4 MPa

9.3.

Viskozita:	Nestanoveno
Hustota par:	Nestanoveno
Rychlost odpařování:	Nestanoveno
Další informace	
Relativní molekulová hmotnost:	16,043 (metan)
Samozápalnost:	Ne
Maximální spalovací rychlost:	0,338 m/s
Kritický tlak:	4 641 kPa
Kritický objem:	0,0061 m ³ /kg
Kritická teplota:	-82,1 °C (vztaženo k metanu)
Teplota vznícení:	537 - 595 °C
Teplotní třída:	T1
Třída výbušnosti:	II A - dolní mez výbušnosti objemová v % - 4,40; horní mez výbušnosti objemová v % - 17,0 dle ČSN EN 61779-1
Maximální zápalná energie:	0,28 mJ (při 8,5 obj. % metanu ve vzduchu)
Mezní exper. bezpečná spára:	1,15 mm
Maximální výbuchový tlak:	0,68 MPa
Spalné teplo:	10,5 kWh/m ³
Výhřevnost:	9,5 kWh/m ³

Bezpečnostní list**04-02**

podle čl. 31 a Přílohy II Nařízení (ES) č. 1907/2006 - REACH

**Název výrobku:****Směsný plyn**

Datum vydání: 1.11.2008

Datum revize:

strana 5 z 8

9. FYZIKÁLNÍ A CHEMICKÉ VLASTNOSTI**9.1 Obecné informace**

Skupenství při 20°C: plynné
Barva: bezbarvá
Zápach: po sirovodíku

9.2 Informace důležité z hlediska ochrany zdraví, bezpečnosti a životního prostředí

	třísložkový	čtyřsložkový
Hodnota pH (při °C):		
Teplota (rozmezí teplot) tání (°C):		
Teplota (rozmezí teplot) varu (°C):		
Bod vzplanutí (°C):		
Teplota vznícení (°C):	> 560	> 560
Hořlavost:	hořlavý	hořlavý
Samozápalnost:		
Meze výbušnosti: horní mez (% obj.):	-	34.8
dolní mez (% obj.):	12.8	15.8
Oxidační vlastnosti:		
Tenze par (při °C):		
Relativní hustota (vzduch = 1):	0.82	0.88
Rozpustnost (při °C):		
- ve vodě		
- v tucích		
(včetně specifikace oleje):		
Rozdělovací koeficient n-octanol/voda:		

9.3 Další informace:

Teplotní třída:	T1	T1
Mezní experimentální bezpečná spára: skupina výbušnosti	IIB	IIB
Výhřevnost (MJ.m ⁻³):	7.5	7.8
Vhodné hasivo: třída požáru	C	C

Bezpečnostní list Acetylen, rozpuštěný

Datum vytvoření : 27.01.2005
Datum revize : 01.12.2010

Verze : 0.5

CZ / C

Číslo MSDS : 8364
Stránka 2 / 3

V uzavřeném prostoru používejte nezávislý dýchací přístroj

6 OPATŘENÍ V PŘÍPADĚ NÁHODNÉHO ÚNIKU

6.1 Opatření na ochranu osob, ochranné prostředky a nouzové postupy

Evakuujte osoby z oblasti. Používejte ochranný oděv. Používejte přenosný dýchací přístroj při vstupu do oblasti, jejíž atmosféra není prokazatelně bezpečná. Zajistěte přiměřené větrání. Vyloučete zdroje zapálení.

6.2 Opatření na ochranu životního prostředí

Pokuste se zastavit uvolňování.

6.3 Metody a materiál pro omezení úniku a pro čištění

Oblast dobře větrejte.

7 ZACHÁZENÍ A SKLADOVÁNÍ

7.1 Opatření pro bezpečné zacházení

Zajistěte řádné uzemnění kontejneru. Zamezte zpětnému vsakování vody do kontejneru. Před plněním plynem zbavte systém vzduchu. Používejte jen řádně specifikované zařízení, které je vhodné pro tento výrobek, jeho admisní tlak a teplotu. Při pochybnostech kontaktujte svého dodavatele plynu. Skladujte mimo zdroje jiskření (včetně statických nábojů) Viz pokyny dodavatele pro manipulaci s láhvemi

7.2 Podmínky pro bezpečné skladování látek a směsí včetně neslučitelných látek a směsí

Zajistěte láhve proti pádu. Uchovávejte kontejner při teplotě pod 50°C v dobře větraném místě. Uchovávejte odděleně od okysličujících plynů a ostatních okysličovačů ve skladu.

8 OMEZOVÁNÍ EXPOZICE/OSOBNÍ OCHRANÉ PROSTŘEDKY

8.1 Kontrolní parametry -

8.2 Omezování expozice

Zajistěte dobré větrání.

Individuální ochranná opatření

Ochrana dýchacích orgánů: při práci s produktem nekouřit, mít po ruce nezávislý dýchací přístroj pro případ nehody.

Ochrana očí: ochranné brýle

Ochrana rukou: vhodné pracovní rukavice

Ochrana kůže: vhodný pracovní oblek a pracovní obuv.

Zajistěte dobré větrání. Při manipulaci s výrobkem nekuřte.

9 FYZIKÁLNÍ A CHEMICKÉ VLASTNOSTI

Všeobecné informace

Vzhled / Barva: Bezbarvý plyn

Pach: Česnekový Slabé varující vlastnosti při nízkých koncentracích.

Molekulární hmotnost: 26 g/mol

Bod tavení: -80,8 °C

Bod sublimace: -84 °C

Kritická teplota: 35,2 °C

Teplota samovznícení: 325 °C

Mezní teplota vznícení: 2,4 %(obj) - 88 %(obj)

Relativní hustota, plyn: 0,9

Relativní hustota, kapalina: Nepoužívá se.

Rozpustnost v mg/l vody: 1185 mg/l

Nejvyšší plnicí tlak (bar): 19 bar

10 STÁLOST A REAKTIVITA

10.1 Reaktivita

Může se prudce rozkládat při vysoké teplotě a/nebo tlaku nebo v přítomnosti katalyzátoru. Může prudce reagovat s okysličovadly.

10.2 Chemická stabilita

Se vzduchem může tvořit výbušnou směs.

10.3 Možnost nebezpečných reakcí

Se vzduchem může tvořit výbušnou směs. Tvoří výbušné acetylidy s mědí, stříbrem a rtuť.

10.4 Podmínky kterým je třeba zabránit

Kontakt se zdrojem jiskření (včetně statického výboje)

10.5 Neslučitelné materiály

Nepoužívejte slitiny obsahující více než 65% mědi. Okysličující látky. Měď, stříbro, rtuť.

10.6 Nebezpečné produkty rozkladu -

11 TOXIKOLOGICKÉ INFORMACE

Všeobecně

Tento produkt nemá žádný známý toxikologický účinek.

12 EKOLOGICKÉ INFORMACE

12.1 Toxicita -

12.2 Perzistence a rozložitelnost-

12.3 Bioakumulační potenciál -

12.4 Mobilita v půdě -

12.5 Výsledky posouzení PBT a vPvB -

12.6 Jiné nepříznivé účinky

Není známo, že tento výrobek ohrožuje životní prostředí.

13 POKYNY PRO ODSTRAŇOVÁNÍ

13.1 Metody nakládání s odpady

Nevypouštějte do oblastí, kde je riziko tvorby výbušné směsi se vzduchem. Nepoužitý plyn by se měl spálit pomocí vhodného hořáku s protizáslehou pojistkou. Nevypouštějte do míst, kde jeho akumulace může být nebezpečná. Potřebujete-li poradu, obraťte se na dodavatele.

Katalogové číslo odpadu 16 05 04*

Platný právní předpis: zákon č. 185/2001 Sb., v platném znění

14 INFORMACE PRO PŘEPRÁVU

ADR/RID

Třída 2 Kód 4F

Číslo UN a název příslušné dopravy

UN 1001 Acetylen, rozpuštěný

UN 1001 Acetylene, dissolved

Nálepka 2.1 Číslo rizika 239

Pokyny pro balení P200

BEZPEČNOSTNÍ LIST

podle předpisu EU č. 1907/2006 (REACH)

Verze: 01.09

Název výrobku: Vodík

Datum vydání: 8. 2. 2009

Nahrazuje vydání z: 1.12.2004

9. Fyzikální a chemické vlastnosti

9.1 Obecné informace

Skupenství (při 20 °C): plyně
Barva: bezbarvý plyn
Zápach (vůně): bez zápachu

9.2 Informace důležité z hlediska ochrany zdraví, bezpečnosti a životního prostředí

Teplota varu: -252,8 °C
Teplota tání: -259,2 °C
Bod vzplanutí: - (teplota vznícení je 510°C)
Hořlavost: Extrémně hořlavý.
Výbušné meze: spodní 4,0 % obj., horní 75 % obj.
Oxidační vlastnosti: Nejsou stanoveny
Relativní hustota (při 20°C): 0,07 (vzduch=1)
Rozpusťnost ve vodě(při 15°C): 19 mg/l
Rozdělovací koeficient oktanol/voda: -
Tenze par (při 20 °C): -
Hustota par: -

9.3 Další informace: -

Bezpečnostní list – Surový koksárenský benzol

podle čl. 31 a Přílohy II nařízení (ES) č. 1907/2006 - REACH

ODDÍL 9: Fyzikální a chemické vlastnosti

9.1. Informace o základních fyzikálních a chemických vlastnostech

Vzhled: Tekutý při teplotě 20°C a tlaku 101.3kPa.
Lehce nahnědlý.

Zápach: Aromatický.

Důležité informace pro zdraví, bezpečnost a životní prostředí

Bod tání/tuhnutí: = -18°C (Koppers Denmark laboratory, 2007; Bilbaina de Alquitranes laboratory, 2007)
< -30°C (Mineralöl-Raffinerie Dollbergen GmbH, 2010)

Rozmezí bodu varu: 82 -114 °C (ASTM D1160-06 (10-90% rozmezí bodu varu))

Bod vzplanutí:	< 21°C EU Metoda A.9 (EN ISO 2719) (Cindu Chemicals, 2007) = -3.5°C EU Metoda A.9 (EN ISO 2719) (laboratoř VÚOS, 2007)
Hořlavost (pevná látka, plyn):	Studie nejsou vědecky opodstatněné.
Výbušné vlastnosti:	V produktu nejsou žádné chemické skupiny spojené s výbušnými vlastnostmi. Hodnocení použito pro posouzení chemické bezpečnosti: Není výbušný.
Oxidační vlastnosti:	Nejsou stanoveny, protože benzol je vysoce hořlavá kapalina.
Tlak páry:	5.308 kPa při 20 °C, 8.13 kPa při 30°C, 17.63 kPa při 50°C.
Rozpustnost:	WAF frakce (TOC, uzavřený systém): = 1 mg TOC/L (pro 1 mg benzolu/L) = 4.5 - 5.0 mg TOC/L (pro 5 mg benzolu/L) = 19 - 20 mg TOC/L (pro 25 mg benzolu/L)
Rozdělovací koeficient n-octanol/voda:	Benzol je aromatická kapalina organické struktury, ve vodě málo rozpustná UV/UVB sloučenina, která neumožňuje stanovení konečné přesné hodnoty Pow. Spolehlivě je možné odhadnout na základě klíčových komponentů, které tvoří zhruba 80% složení benzolu: jejich log Pow hodnoty se pohybují v rozmezí cca. 2.1 - cca. 3.7.

Souhrn rozdělovacích koeficientů n-octanol/voda (hodnota log Pow) pro klíčové složky benzolu:

	CAS #	CS 02 (%)	logPow	Reference
Benzén	71-43-2	32-36	2.13	Lide D 2008
Toluen	108-88-3	20-21	2.73	Hansch C, Leo A, Hoekman D. 1995
o-Xylen	95-47-6	1.9-2.3	3.12	Hansch C, Leo A, Hoekman D. 1995
m-Xylen	108-38-3	9.5 - 11.1 (m/p)	3.2	Hansch C, Leo A, Hoekman D. 1995
p-Xylen	106-42-3	9.5 - 11.1 (m/p)	3.15	Hansch C, Leo A, Hoekman D. 1995
Xyleny	1330-20-7	11.3-13.4		
Eti-Benzen	100-41-4	2.4-2.9	3.15	Hansch C, Leo A, Hoekman D. 1995
Styren	100-42-5	3.2-3.6	2.9 - 3.2 (průměr 3.02)	EU 2002, Vol 27
Naftalen	91-20-3	1.6-1.8	3.4 - 3.7	EU 2003, Vol 33
Inden	95-13-6	8-11	2.92	Ullmann's Encyclopedia of Industrial Chemistry.

Reference:

Lide D 2008: The CRC Handbook of Chemistry and Physics. CRC Press, Boca Raton, USA
Hansch C, Leo A, Hoekman D. 1995: Exploring QSAR hydrophobic, electronic, and steric constants. American Chemical Society, Washington DC
EU 2002: European Union Risk Assessment Report Styrene, Part I Environment, Vol. 27
EU 2003: European Union Risk Assessment Report Naphthalene, Vol. 33

Viskozita (dynamická):	Není stanovena.
Teplota samovznícení:	= 465°C při cca. 101 kPa ASTM E 659-78 (2005) > 525°C při cca. 1013 hPa (DIN 51794) (Rütgers Germany, 2010)

Hustota: Typické rozmezí: 0.85 — 1.05 g/cm³ při 20°C
Střední hodnota: 0.9 g/cm³ při 20°C

Povrchové napětí: Benzol je organická kapalina sestávající z nepolárních aromatických látek bez amfifilního charakteru, u nichž se neočekává žádná povrchová aktivita. Povrchové napětí není požadovanou vlastností této látky.